Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Die Schlafbewegungen der Blütenkörbchen von *Dimorphotheca pluvialis (L.)* Mnch.

Von

Emil Heinricher

K. M. Akad. Wiss.

(Mit 5 Textfiguren)

Aus dem Botanischen Institute der Universität Innsbruck.

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. April 1924)

Wenn wir die älteren Arbeiten über die Schlafbewegungen hier übergehen — ein Hervorheben einzelner wird im späteren Verlauf erfolgen — so müssen wir doch als grundlegend und systematisch durchgeführt die ausgezeichneten Untersuchungen Pfeffer's[1] nennen. Die Schlafbewegungen sind ein Gebiet, das ihn dauernd und ganz besonders interessierte. Seine Anschauungen aber wurden von späteren Untersuchern nicht immer geteilt. So tauchen Divergenzen schon in einer Abhandlung von Oltmanns[2] auf und wiederholen sich in der Studie, die Jost[3] dem Gegenstande gewidmet hat.

Das gleiche gilt von der sehr eingehenden und aufopferungsvollen Arbeit (zweistündige Beobachtungen Tag und Nacht fortgesetzt!) von Rose Stoppel,[4] deren Gegenstand vor allem *Calendula arvensis* und weiters *Bellis perennis* war. R. Stoppel's Untersuchung bringt Maßgebendes gegen die von Pfeffer angenommenen Nachwirkungsbewegungen vor und ersetzt sie durch autonome Bewegungen, die neben den aitionastischen Schlafbewegungen hergehen und unter bestimmten Bedingungen in Erscheinung treten. Diese Arbeit gewinnt an Interesse für mich, weil ihr Hauptobjekt,

---

W. Pfeffer, »Physiologische Untersuchungen«, Leipzig, 1873, enthaltend: 1. Untersuchungen über Reizbarkeit der Pflanzen. 2. Untersuchungen über Öffnen und Schließen der Blüten.

Derselbe, »Die periodischen Bewegungen der Blattorgane«, Leipzig, 1875.

Derselbe, »Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. (Abh. der mathemat.-physikal. Klasse der Königl. sächsischen Ges. d. Wiss., XXX. Bd., Leipzig, 1907).

Derselbe, »Die Entstehung der Schlafbewegungen bei Pflanzen« (Biolog. Zentralbl., Bd. XXVIII, 1908).

Derselbe, »Pflanzenphysiologie«, II. Aufl., Leipzig, 1904, besonders Bd. II.

Oltmanns: Über das Öffnen und Schließen der Blüten. (Botan. Ztg., 53. Bd., 1895).

[3] L. Jost, »Beiträge Kenntnis der nyktitropischen Bewegungen« (Jahrb. f. wiss. Bot., XXXI, 1908).

[4] »Über den Einfluß des Lichtes auf das Öffnen und Schließen einiger Blüten«. (Zeitschr. f. Bot., II. Bd., 1910.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Calendula arvensis, geradezu ein Gegenstück zu der von mir untersuchten, ihr systematisch nahestehenden *Dimorphotheca pluvialis* ist. Denn während *Calendula* »innerhalb weiter Grenzen unabhängig von der Temperatur ihre Bewegungen ausführt«,[1] dabei wesentlich vom Lichte gelenkt wird, sind sie bei *Dimorphotheca* fast gänzlich von der Temperatur beherrscht und das Licht für sie sozusagen wirkungslos.

Am Schlusse ihrer Arbeit weist Stoppel auf die vielen noch offenen Fragen über die nyktinastischen Bewegungen der Blüten hin und nennt es wünschenswert, daß besonders über die auf Temperaturveränderungen reagierenden weitere, eingehende Untersuchungen gebracht würden.[2] Nach dieser Richtung bringen meine Studien einige Ergänzung, insofern sie einen Typus behandeln, der unter den Schlafbewegungen ausführenden Kompositen bisher nicht vertreten und untersucht war. Wenn nun, wie ich glaube, eine Reihe von Tatsachen dabei als sicher ermittelt gelten können, bleiben doch auch hier andere Fragen noch offen und müssen durch nachfolgende Untersuchungen geklärt werden. Schwer empfunden wurde die Hemmung, daß das Zimmer für konstante Temperaturen, das im Institute vorhanden ist, nur teilweise ausnützbar war. Es gelang dies für tiefere Temperaturen, nicht aber für höhere, weil eine Umgestaltung der Heizanlage und der elektrischen Regulierung notwendig wäre, die Mittel hierfür aber nicht beschafft werden konnten.

1922 veröffentlichten A. D. de Virville et F. Obaton[3] eine Abhandlung, die Blüten behandelt, welche in ihren Bewegungen fast allein von der Temperatur abhängig sein sollen. Der Einblick in das Original war mir nicht möglich. Nach dem Referat im Botanischen Zentralblatt[4] umfaßt die Mitteilung nur drei Seiten, muß also sehr summarisch abgefaßt sein. Behandelt werden: *Erythraea centaurium*, *Taraxacum dens leonis*, *Bellis perennis*, *Leontodon hispidus* und *Lychnis dioica*. Die genannten Kompositen erwecken einigen Zweifel, da sie oder verwandte Arten als vom Licht stark beeinflußt, aus früheren Abhandlungen bekannt sind.

Die Schlafbewegungen von *Dimorphotheca* sind offenbar schon frühzeitig aufgefallen und man deutete das Schließen ihrer Köpfchen wohl als Reaktion auf hohe Luftfeuchtigkeit, da ja ihr

---

[1] Stoppel, p. 378 und p. 383 heißt es wieder »Übereinstimmend mit Pfeffer ergibt sich, daß die Temperaturschwankungen, wenn überhaupt, so doch nur einen ganz minimalen Einfluß auf die Bewegungen dieser Blumen haben.« p. 447.

[3] »Sur l'ouverture et la fermeture des fleurs météoriques persistantes.« (C. R. Acad. Sc. Paris, 175. Bd., 841 bis 843.)

[4] Neue Folge, Bd. 2, 1923, p. 358.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Geschlossenbleiben bei Regenwetter auffallen mußte. Im Zusammenhang damit wird ihr Linne wohl auch die Artbezeichnung »*pluvialis*« *(Calendula pluvialis)* beigelegt haben. H. Baillon[1] sagt in seiner »Histoire des Plantes« »Le *Dimorphotheca pluvialis* est cultivé comme plante curieuse à cause de la façon dont ses capitules sont influencés par l'humidité.«

O. Hoffmann[2] sagt, wo er über den Honigschutz in Kompositenblüten gegen Regen spricht auf p. 112 außerdem bei einigen Pflanzen, auffällig z. B. bei *Dimorphotheca pluvialis (L)* Mnch. dadurch, daß die Kompositen sich durch Aufrichtung der sonst strahlig abstehenden, zungenförmigen Randblätter schließen.«

Hansgirg,[3] in seiner Abhandlung »Beiträge zur Kenntnis der Blütenombrophobie« sagt p. 31: »Auch bei nachfolgenden Vereinsblütlern sind die bei Regenwetter sich schließenden Blütenköpfchen ombrophob.« In der Aufzählung sind u. a. *Calendula* und *Arctotis* angeführt. *Dimorphotheca* nicht, weil er sie wohl unter *Calendula* einbezog.

Es scheint aber allen Genannten die vorausgegangene Abhandlung M. Ch. Royer's »Essai sur le sommeil des plantes«[4] entgangen zu sein. Dieser gibt auf p. 361 eine Liste der »Plantes à fleur sommeillantes« in der auch *Calendula pluvialis* angeführt ist und später folgt die Bemerkung »Malgré son nom, le Souci des pluies se comporte comme toute autre plante sommeillante; il ne se ferme pas, quand les pluies ne s'accompagnent pas d'un abaissement de température.« Hier war also schon präzise auf die Temperatur als das wirksame Agens hingewiesen.

In jüngster Zeit hat es Goebel[5] in einem populären Artikel »Pflanzen als Wetterpropheten« getan. Dort heißt es »*Dimorphotheca* gehört zu den thermonastischen Pflanzen — man kann sich leicht überzeugen, daß Pflanzen im Victoriahaus auch nachts 10^h, wenn die im Freien stehenden längst geschlossene Blütenköpfe zeigen, diese noch offen haben. Daß die Blütenköpfe auch photonastisch reizbar sind, soll nicht in Abrede gestellt werden, indes verdankt die Pflanze ihren Namen jedenfalls nicht ihrer photonatischen, sondern ihrer thermonastischen Reizbarkeit. Als Regenprophet ist sie jedenfalls ganz unbrauchbar.« Ohne Kenntnis dieser Mitteilung, habe ich in einer, die morphologischen Blütenverhältnisse betreffenden Studie[6] auf durchgeführte Versuche über die Schlafbewegungen

---

[1] »Histoire des Plantes«, Tome VIII, Paris, 1886, p. 314.

[2] »Compositae« (Natürliche Pflanzenfam., IV. Teil, Abt. 4 und 5, Leipzig, 1897, p. 112).

[3] Sitzungsber. d. kgl. böhm. Ges. d. Wiss. in Prag. Math.-naturw. Kl., 1896.

[4] Ann. d. scienc. nat., V. ser. Botanique, Paris, 1868.

[5] Naturwissenschaftl. Wochenschrift, 1921, Nr. 9.

[6] »Einiges zur Kenntnis der Blüten von *Dimorphotheca pluvialis (L.)* Mnch. Ber. d. Deutschen botan. Ges., 1923, Bd. XLI).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

hingewiesen und vorläufig nur hervorgehoben, »daß sich die Bewegungen deutlich als thermonastische erwiesen.«

Eine genauere Untersuchung und experimentelle Prüfung scheinen die Schlafbewegungen von *D. pluvialis* bisher nicht gefunden zu haben. Pfeffer[1] erwähnt, daß ihm *Calendula pluvialis* nicht zu Gebote stand. Deshalb habe ich die im Jahre 1922 im Freiland gemachten Beobachtungen und die mit abgeschnittenen Infloreszenzen[2] durchgeführten Versuche im Jahre 1923 teils wieder mit solchen, hauptsächlich aber mit eingetopften Pflanzen fortgeführt, was sich mehrfach als vorteilhaft erwies.

Es ergab sich, daß sich *Dimorphotheca* von den genauer untersuchten, durch Schlafbewegungen ausgezeichneten Kompositeninfloreszenzen verschieden verhält. Der eine Unterschied ist in dem relativ hochliegenden Temperaturminimum gegeben, welches erst das Spiel der Bewegungen gestattet; während dieses für *Crocus* bei 8° C., für *Oxalis rosea* zwischen 8 bis 10° C., bei *Taraxacum* bei 9 bis 10° C. gelegen ist, vollzieht sich dasselbe ordentlich bei *Dimorphotheca* erst von 17° C. an, wenn sich auch Minime dem sorgfältigen Beobachter schon bei 14° C. verraten können.[3] Die hohe Temperaturlage ist ja auch nicht zu verwundern, da *D.* eine Afrikanerin ist. In der hohen Temperatur ist auch die Ursache gelegen, daß der Nimbus der *Dimorphotheca* als Wetterprophet aufkommen und sich länger erhalten konnte.

Bei uns führen die Regen meist zu einer ausreichenden Temperatursenkung und so findet Zusammenfall der Niederschläge mit dem Geschlossensein der *D.*-Körbchen statt. Scheinbare Ausnahmen habe auch ich im Freilande beobachtet, es handelte sich aber dabei um alte Infloreszenzen, die ihr Bewegungsvermögen ganz oder fast ganz eingebüßt haben, ohne vorher eine Schließbewegung ausgeführt zu haben. Es ist nicht notwendig, daß Royer's Angaben auf einer so enstandenen Täuschung beruhen und ebenso werde ich auch die Goebel'sche Mitteilung über das nächtliche Offenbleiben der Blüten bestätigen; immerhin bedarf die Tatsache, daß die Aktionsfähigkeit offener Infloreszenzen erloschen sein kann, der Beachtung. Während nämlich die ersten Infloreszenzen einen sehr vollkommenen Welkungsschluß erreichen (Fig. 1 *a*), wird dieser im Verlauf der weiteren Vegetation immer unvollkommener und unterbleibt häufig ganz. Fig. 1 *b* skizziert eine solche offen bewegungslos gewordene Infloreszenz.

Das zweite Moment, worin sich *D. pluvialis* von anderen Schlafbewegungen ausführenden Kompositen, wie *Bellis*, *Calendula*, *Leontodon* u. a. unterscheidet, ist in ihrer, man könnte fast sagen, völligen Unbeeinflußbarkeit durch das Licht gegeben. Während bei

---

[1] »Untersuchungen über Öffnen und Schließen der Blüten«, p. 196, W Pfeffer »Physiologische Untersuchungen«, Leipzig, Engelmann, 1873.

[2] Pfeffer hat durchaus mit solchen oder abgeschnittenen Blüten gearbeitet. O., p. 166.

[3] Die Schlußbewegung kann allerdings auch bei tieferer Temperatur erfolgen

jenen die Bewegungen durch Licht und Temperatur bedingt sind und das Licht sogar in Vorherrschaft ist,[1] verhält sich *D. pluvialis* ähnlicher *Crocus* und *Tulipa*, die in erster Linie thermonatisch sind. Sie übertrifft diese aber dadurch, daß bei *Crocus* und *Tulipa* doch noch ein geringer, nachweisbarer Einfluß des Lichtes vorhanden ist, bei *Dimorphotheca* aber die Bewegungen, soweit es sich um Außenreize handelt, sozusagen allein von der Temperatur gelenkt werden.[2]

Wir werden sehen, daß das Licht bei *D. pluvialis* nicht wie bei anderen Kompositen mit Schlafbewegungen, eine das Öffnen veranlassende und fördernde Wirkung ausübt, sondern im Gegenteil

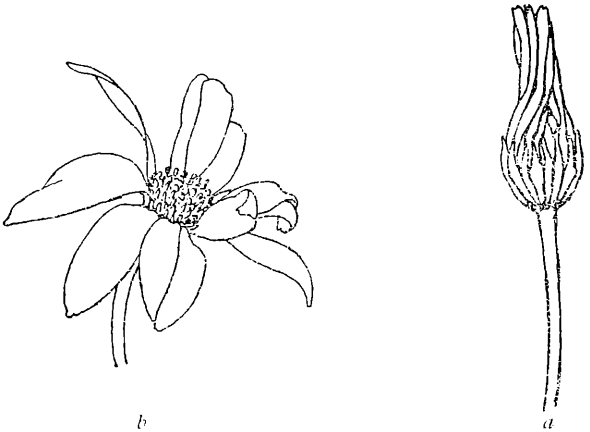


Fig. 1.

eine, wenigstens bei Dauerlicht hervortretende, hemmende, die aber allerdings meist durch mit dem Licht zusammenfallende Temperatursteigerung überwunden wird.

Auch die Schließbewegungen, die, wie Pfeffer berichtet, bei *Calendula*, *Leontodon*, *Venidium* und anderen Kompositen eintreten, wenn sie direkter Sonne ausgesetzt werden und die »gering bleiben oder ansehnlicher werden können«, fehlen bei *D. pluvialis* vollkommen und im Gegenteil wird erst in direkter Sonne die Öffnungsbewegung extrem. (Vgl. Fig. 3 *g*.)

---

[1] A. a. O. (2), p. 207, sagt Pfeffer: »Hier (bei den Kompositen) werden die Blütenbewegungen hauptsächlich vom Beleuchtungswechsel beherrscht, durch den auch die Zeit des Öffnens und Schließens der Blüten in erster Reihe bestimmt wird. Dabei sind aber die Wärmeverhältnisse doch von Bedeutung etc.«

Bei Jost heißt es auf p. 358: »Die nyktitropischen Bewegungen solcher Blüten, als deren Typus wir vor allen Dingen die Kompositen betrachten dürfen, sind nun aber nicht so ausschließlich von Temperaturänderungen bewirkt wie bei der Tulpe, sondern Lichtschwankungen treten gleichsinnig hinzu.«

[2] Am oben angezogenen Orte, p. 201, heißt es bei Pfeffer »Auch an den für Temperaturschwankungen so empfindlichen Blüten von *Crocus* und *Tulipa* wird durch Lichtentziehung eine Schließbewegung, durch Beleuchtung umgekehrt eine Öffnungsbewegung hervorgerufen.«

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ebensowenig trifft für *Dimorphotheca* die Vermutung zu, die Pfeffer p. 208 bezüglich der Kompositen äußerte: »Wenn es uns gelang, Blüten von Kompositen im Dunkeln des tags über geschlossen zu halten und am Abend durch Temperatursteigerung zu öffnen, so wird eine solche Umkehrung der Blütezeit ebenso vollkommen durch künstliche Beleuchtung zu erzielen sein.« So leicht offenbar bei *Dimorphotheca* durch Temperatureinfluß Offensein der Infloreszenzen bei Nacht, Geschlossensein bei Tage zu erzwingen ist, wird im Gegenteil die Umkehr durch Licht, sofern Temperatureinfluß ferngehalten wird, niemals erzielt werden können. Diese Angaben zeigen, daß die Schlafbewegungen von *D. pluvialis* einige Besonderheiten aufweisen, wie sie an bislang studierten Objekten nicht gegeben waren. Pfeffer selbst hat auf die zu vermutende Existenz solcher Typen mehrfach hingewiesen.

So sagt er p. 424 »daß es in bezug auf die photonastischen und thermonastischen Reaktionen die verschiedensten Abstufungen

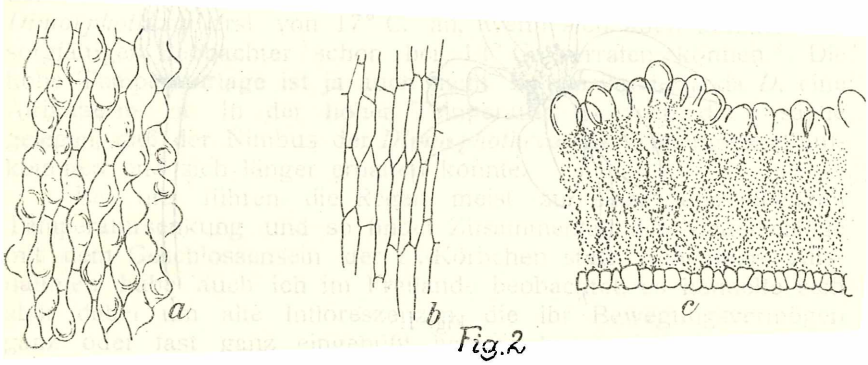


Fig. 2

und Bindeglieder zwischen den Extremen gibt«, darf man vermuten. *D. pluvialis* ist nun ein solches, genauer bisher noch nicht analysiert gewesenes Extrem und ein Beleg für den Ausspruch Pfeffer's in Bd. II, p. 496 seiner Pflanzenphysiologie, wo es heißt: »Natürlich kann sich die Fähigkeit zu thermonastischen und photonastischen Bewegungen isoliert oder auch vereint finden. Letzteres trifft in der Tat in vielen Fällen zu.« *D. pluvialis* gibt ein Beispiel für ersteres ab. Sie ist aber, zufolge der früher gemachten Angaben, auch ein sehr brauchbares Objekt für Sommerkollegien, wo *Crocus* und *Tulipa* nicht zu haben sind, zur experimentellen Vorführung der Thermonastie. Einen kühlen Raum von 13 bis 14° C., in dem die Infloreszenzen beliebig lang geschlossen erhalten werden können, wird jedes Institut zur Verfügung haben.

Ehe ich einige durchgeführte Versuche kurz bespreche, sei noch darauf hingewiesen, daß die inhärente physiologische Dorsiventralität, die für Reaktionen auf diffuse Reize Bedingung ist, in den Zungenblüten von *D. pluvialis* auch anatomisch, durch wesentliche Differenz in der Ausbildung der Epidermen von Ober- und Unterseite, scharf hervorgehoben ist. Die Textfigur 2 gibt in *a* das

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

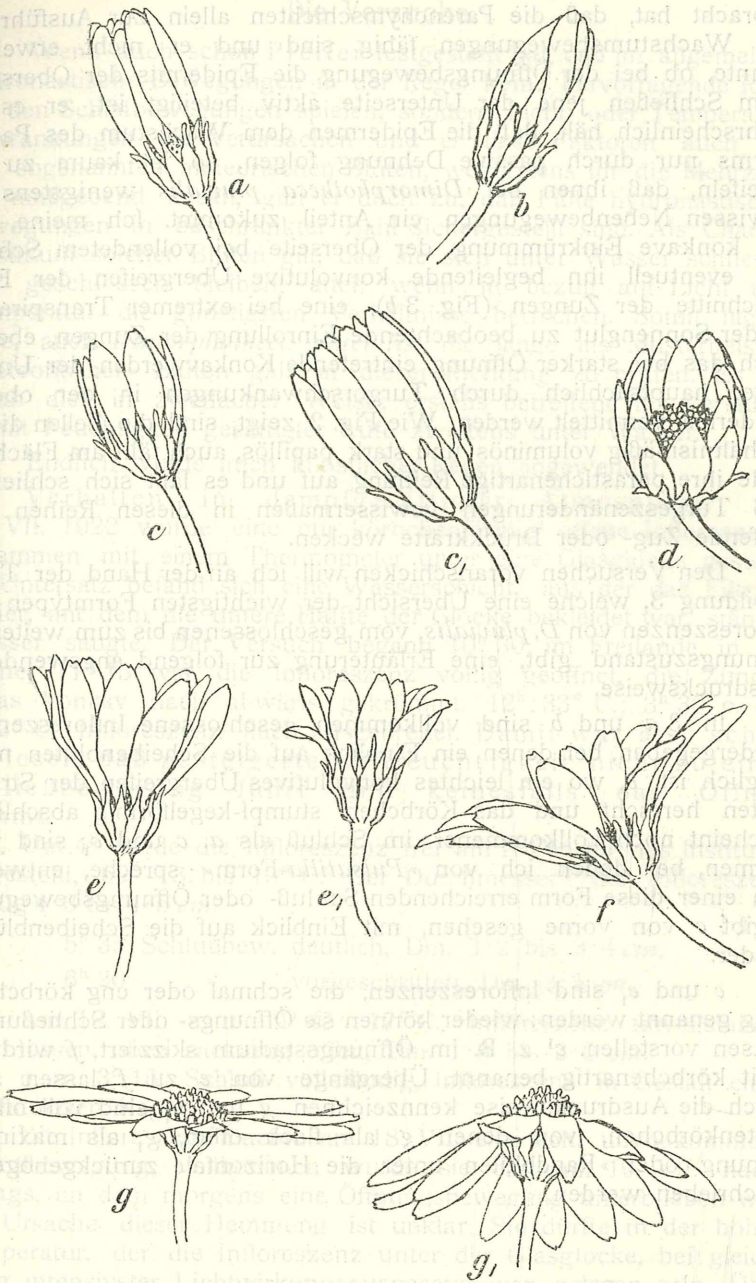


Fig. 3.

Flächenbild der oberseitigen, in *b* der unterseitigen Oberhaut, während *c* ihr Aussehen am Querschnitt darstellt, wobei das Mesophyll nur angedeutet ist. (Vergr. 95fach.) Wenn nun auch Pfeffer den Nachweis

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gebracht hat, daß die Parenchymschichten allein zur Ausführung der Wachstumsbewegungen fähig sind und er nicht erweisen konnte, ob bei der Öffnungsbewegung die Epidermis der Oberseite, beim Schließen jene der Unterseite aktiv beteiligt ist, er es für wahrscheinlich hält, daß die Epidermen dem Wachstum des Parenchyms nur durch passive Dehnung folgen, so ist kaum zu bezweifeln, daß ihnen bei *Dimorphotheca pluvialis* wenigstens an gewissen Nebenbewegungen ein Anteil zukommt. Ich meine, daß die konkave Einkrümmung der Oberseite bei vollendetem Schluß, das eventuell ihn begleitende konvolutive Übergreifen der Endabschnitte der Zungen (Fig. 3 *b*), eine bei extremer Transpiration in der Sonnenglut zu beobachtende Einrollung der Zungen, ebenso auch das bei starker Öffnung eintretende Konkavwerden der Unterseite, hauptsächlich durch Turgorschwankungen in der oberen Epidermis vermittelt werden. Wie Fig. 2 zeigt, sind die Zellen dieser verhältnismäßig voluminös und stark papillös, auch fällt am Flächenbilde ihre parastichenartige Reihung auf und es läßt sich schließen, daß Turgeszenänderungen gewissermaßen in diesen Reihen verlaufende Zug- oder Druckkräfte wecken.

Den Versuchen voranschicken will ich an der Hand der Textabbildung 3, welche eine Übersicht der wichtigsten Formtypen der Infloreszenzen von *D. pluvialis*, vom geschlossenen bis zum weitesten Öffnungszustand gibt, eine Erläuterung zur folgend angewendeten Ausdrucksweise.

In 3 *a* und *b* sind vollkommen geschlossene Infloreszenzen wiedergegeben, bei denen ein Einblick auf die Scheibenblüten nicht möglich ist. *b*, wo ein leichtes konvolutives Übergreifen der Strahlblüten herrscht und das Körbchen stumpf-kegelförmig abschließt, erscheint noch vollkommener im Schluß als *a*. *c* und c_1 sind jene Formen, bei denen ich von »*Pulsatilla*-Form« spreche, entweder von einer diese Form erreichenden Schluß- oder Öffnungsbewegung. *d* gibt *c* von vorne gesehen, mit Einblick auf die Scheibenblüten wieder.

e und e_1 sind Infloreszenzen, die schmal oder eng körbchenartig genannt werden; wieder können sie Öffnungs- oder Schließungsphasen vorstellen. e^1 z. B. im Öffnungsstadium skizziert. *f* wird als breit körbchenartig benannt. Übergänge von *e* zu *f* lassen sich durch die Ausdrucksweise kennzeichnen. *g* und g_1 sind voll offene Blütenkörbchen, von denen *g* als flach offen, g_1 als maximale Öffnung oder »Randblüten unter die Horizontale zurückgebogen«, beschrieben werden.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Versuche.

Wenn auch schon Pfeffer festgestellt hat, daß im allgemeinen hydronastische Bewegungen in der Regel keine hervorragende Rolle bei den Schlafbewegungen spielen, sondern Licht- oder Temperaturschwankungen sie verursachen und er diese Faktoren auch bei den sogenannten meteorischen Blüten, wenigstens für die Mehrzahl, als maßgebend ansah, gibt er doch zu, daß Fälle hydronastischer Bewegungen in beschränkter Zahl sichergestellt sind. Als Charakteristikum solcher Blüten gilt, daß sie sich unter Wasser schließen und geschlossen bleiben, auch wenn in bezug auf Licht und Temperatur die günstigsten Verhältnisse herrschen. Somit lag es nahe, auch *Dimorphotheca pluvialis*, die lange als Musterbeispiel »meteorischer« Blüten galt, in dieser Richtung zu prüfen. Es geschah dies in zweifacher Weise; erstens betreffend ihr Verhalten in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft, zweitens unter Wasser.

Endlich wurde auch künstlicher Regen angewendet.

Verhalten in dampfgesättigter Atmosphäre. Am 18. VII. 1922 wurde eine nur körbchenförmig[1] offene Infloreszenz, zusammen mit einem Thermometer unter eine Glasglocke gestellt; im Untersatz befand sich eine Wasserschicht, aus der das Filtrierpapier, mit dem die untere Hälfte der Glocke bekleidet war, ständig Wasser saugte. Der Versuch begann 10^h 30, im Freilande, in der Sonne, 11^h 15 war die Infloreszenz völlig geöffnet, die Zungen etwas konkav nach abwärts gekrümmt. 12^h: 33° C.; 3^h 30 p. m.: 36·2° C. Infloreszenz flach ausgebreitet. Damit war also schon erwiesen, daß gesteigerte Luftfeuchtigkeit nicht zu einer Schließbewegung führt und keinesfalls das Öffnen hemmt.

Um 4^h wurde die Infloreszenz frei am N-Fenster des Institutes aufgestellt, bei 18 bis 19° C. Der Durchmesser[2] der Infloreszenz betrug 4·3 bis 4·5 *cm*.

5^h 35 Schlußbew. deutlich, Dm. 3·2 bis 3·4 *cm*,
6^h 20 vorgeschritten, Dm. 2·5 *cm*.

Am 19. VII. a. m. 9^h 45: 17° C., Infloreszenz unvollständig geschlossen, oben sackartig offen, Dm. 1·6 bis 2·0 *cm*.

p. m. 3^h 15, Schluß vollständig, Infloreszenz in Gestalt eines abgestutzten Kegels.

Die Infloreszenz machte am 18. VII. eine sehr unvollkommene Schlußbewegung, vollkommen wurde sie erst am 19. VII. nachmittags, an dem morgens eine Öffnungsbewegung unterblieben war. Die Ursache dieser Hemmung ist unklar. Sie dürfte in der hohen Temperatur, der die Infloreszenz unter der Glasglocke, bei gleichzeitig intensivster Lichtwirkung ausgesetzt war, gelegen sein. Über

---

[1] Vgl. die Skizzen in Fig. 3.

[2] Diese etwas grobe Art der Messung genügte für die in der vorliegenden Untersuchung angestrebten Ziele.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

hemmenden Einfluß des Lichtes folgen später Beobachtungen. Auch sind bezüglich der ausgefallenen Öffnung am 19. VII. die im Verhältnis zum Vortage tiefen Temperaturen zu beachten.

Die Infloreszenz wurde noch weiter beobachtet; ich erwähne nur, daß sie am 21. VII. 8^h 30 am S-Fenster der Sonne ausgesetzt, 8^h 53 bei 23° C. flach offen war.

Versuche unter Wasser. Es sei vorweggenommen, daß bei richtiger Wahl der Temperaturen sowohl das Schließen offener Blütenkörbchen als auch das Öffnen geschlossener gelingt.

In betreff des Schließens sei ein Vorversuch mitgeteilt, der noch bei Unkenntnis des zum Spiel der Bewegungen nötigen Temperaturminimums, mit zu weit abgekühltem Eiswasser durchgeführt wurde. Die offene Infloreszenz wurde am 18. VII. 1922, 10^h a. m. in Wasser mit der Anfangstemperatur von 11·2° C. versenkt.

11^h 30: 7° C., ein deutliches Zusammenneigen der Randblüten erkennbar; bei geringem Schwanken der Temperatur über 7° C. fand bis p. m.

3^h 30 ein langsames Fortschreiten der Schließbewegung statt.

4^h wird die Infloreszenz dem Wasser entnommen und im Zimmer bei 18·5° C. aufgestellt.

5^h 40: 19° C., Schließbewegung weitergegangen, Dm. 2·5 bis 3·0 *cm*,

6^h 20: 19° C., Dm. 2·0 bis 2·5 *cm*.

Die Infloreszenz also verhältnismäßig noch immer weit offen.

Am 19. VII. 9^h 45, bei 17° C. Infloreszenz ganz geschlossen,
p. m. 3^h 15, bei 17° C. unverändert.

Offenbar hat die Überkühlung des Wassers nur die Einleitung der Schließbewegung gestattet und der Einfluß der Kälte kam voll erst bei der erhöhten Temperatur, die das Wachstum begünstigte, zur Wirkung. Ebenso dürfte das lange Andauern und langsame Fortschreiten der Schließbewegung der Kältewirkung zuzuschreiben sein. Diese gleiche Infloreszenz öffnete sich am 21. VII. früh, in die Sonne gestellt, rasch vollkommen.

Zum Versuche, das Öffnen unter Wasser zu erzielen, wurde eine Infloreszenz am 17. VII. 7^h abends im geschlossenen Zustande dem Freiland entnommen und in Wasser von 15° C. versenkt. Das Glas stand über Nacht an einem S-Fenster, an das morgens rasch die Sonne anschlägt.

Es sollte die Erwärmung des Wassers durch die Sonne zur Öffnung führen.

8^h 30 die Infloreszenz noch geschlossen.

9^h Öffnungsbewegung deutlich, Infloreszenz von *Pulsatilla*-Form.

10^h 22·5° C., halb offen.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Temperatur stieg dann bis 12^h 30 auf 29° C., fiel dann bis 2^h 30 p. m. auf 28° C., die Öffnung der Infloreszenz blieb wesentlich gleich. 3^h 30 traf keine Sonne mehr das Gefäß, die Infloreszenz hatte die Gestalt eines weit offenen Körbchens; die Zungenblüten waren reich mit Luftblasen besetzt, die einen Zug nach oben, entgegen der Öffnungsbewegung ausübten. Aus dem Wasser gehoben, wobei die Luftblasen verschwanden, und wieder versenkt, erschien nun die Infloreszenz flach offen.

Ein zweiter derartiger Versuch wurde 1923 unter teilweise abgeänderten Bedingungen durchgeführt. Am 30. VII. 8^h 30 früh wurde eine flach offene Infloreszenz dem Garten entnommen und in diesem Zustande 10^h a. m. in den Dunkelkasten im Zimmer für konstante Temperatur eingestellt. Die Temperatur blieb da ständig bei 16° C. Hier trat Schluß ein, nicht ganz vollständig, etwas Einblick auf die Scheibenblüten war möglich. Am 31. VII. 9^h 15 war die Schlußstellung unverändert beibehalten.

9^h 56 wurde die Infloreszenz unter Wasser von 38 bis 39° C. versenkt.

10^h 3 Öffnungsbewegung entschieden schon im Gang, doch kleben die Strahlblüten gruppenweise zusammen, was die Bewegung hemmt.

10^h 6 Infloreszenz von Gestalt eines schmalen Körbchens, im Übergang zur breiten. Adhäsion der Luftblasen verbindet noch immer teilweise die Strahlblüten.

10^h 8 offen in breiter Körbchenform.

Die Reaktion verlief hier entsprechend dem starken Temperatursprung nach oben, viel rascher als im ersten Versuch.

Als Ergebnis ist also zu buchen, daß bei richtiger Wahl der Temperatur, unter Wasser sowohl das Öffnen als auch das Schließen der Blütenkörbchen erzielt werden kann.

Wirkung künstlichen Regens. Als solcher wirkte eine der im Alpinum an den Hydranten angeschlossenen Brausen. Eine völlig offene, in einem Glase fixierte Infloreszenz wurde am 11. VII. 1922, einem hellen, sonnigen und ausnehmend heißen Tage, 10^h 30 vormittags in den Wirkungsbereich der Brause gestellt.

In kürzester Frist waren die ursprünglich flach scheibenförmig ausgebreiteten Zungenblüten infolge der Lastkrümmung, bewirkt durch die auflagernden Wassertropfen, nach unten umgebogen. Allein, um 11^h 30 war diese Lastkrümmung überwunden und eine merkbare Schlußbewegung vorhanden, der zufolge die Infloreszenz eine breit körbchenartige Form angenommen hatte. Weitergeführt wurde das Schließen, das offenbar eine Reaktion auf die Abkühlung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch das Wasser war, bis 2^h p. m. nicht. Nun wurde die Infloreszenz neben dem Alpinum der Sonne frei ausgesetzt. Es trat eine merkliche Öffnungsbewegung ein, doch nicht bis zur flachscheibenförmigen Ausbreitung. Die Randblüten rollten sich mit ihren Rändern nach oben ein, so daß am Ende der Zungen die Ränder zum Teil übereinander griffen. Die gleiche Erscheinung trat an diesem extrem heißen Tage ausnahmsweise auch an den eingewurzelten Pflanzen im Freilande auf. Die Einrollung an der Versuchsinfloreszenz war um 6^h 30 abends ausgeglichen; sie wurde in das Institut gebracht und ließ um die genannte Zeit deutlich Schlußbewegung erkennen, die Infloreszenz bot die Gestalt eines Körbchens (Dm. 3·0 *cm*). Am nächsten Morgen 9^h 30 war sie flach offen. Der Versuch bestätigt die Aussage Royer's über die Wirkung eines »milden« Regens. Wie weit das Schließen bei Regen erfolgt, hängt offenbar ganz von dem damit verbundenen Temperaturabfall ab.

Der fehlende oder höchstens sehr geringe Einfluß des Lichtes.

Auf den zurücktretenden Einfluß des Lichtes wies schon folgende Beobachtung hin. Am 9. VII. 6^h p. m. waren im Institut befindliche Infloreszenzen, darunter zwei unter Dunkelstürzen, geschlossen. Am 10. VII. früh 8^h 30 waren sie bei 18·5° C. schon alle weit offen, während im Freiland, trotzdem sie schon in der Sonne standen, alle geschlossen waren. Mitgewirkt hat dabei wohl eine starke, nächtliche Abkühlung. Im Schatten wurden zurzeit 16 5° C. abgelesen. Die Sonne hatte noch wenig Kraft.

Der Schluß einer Infloreszenz gelingt in der eisgekühlten Luft unter einer Glasglocke im besten Tageslicht.

Die verwendete Infloreszenz war breit körbchenartig offen, Dm. 3·8 *cm*. Der Versuch verlief an einem N-Fenster des Mikroskopiersaales, neben der Infloreszenz war ein Thermometer angebracht.

Beginn 10^h: 18° C.
10^h 45: 15° C. Die Zungenblüten nach unten konkav
11^h 30· 15° C. beginnen sich vom Grund aus zusammenzuneigen.
12^h 30: 15° C. Körbchen tubulös geschlossen.
3^h 30: 16° C. Wenig verändert, Dm. 1·8 *cm*.
4^h: wird die Infloreszenz an gleicher Stelle in Zimmerluft aufgestellt.
5^h 40, 19° C. Schlußbewegung vorgeschritten, Dm. 1·4 *cm*.

Ich lasse einen Versuch folgen, der den Mangel einer fördernden Wirkung des Lichtes auf das Öffnen, vielmehr einen dasselbe hemmenden nachweist.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Am 21. VII. 1922, 9^h 45 wird bei einer Temperatur von 21 bis 22° C. eine Infloreszenz dem Freiland entnommen und um 10^h 30 im Dunkelzimmer einer Lichtintensität von zirka 3200 Kerzen ausgesetzt. Zu Beginn die Infloreszenz voll scheibenförmig offen, Dm. 4·5 *cm*, anfangs im Dunkelzimmer 19 bis 20° C.

11^h 28 (20·6 bis 21·6° C.), ist der Dm. auf 4·0 *cm* zurückgegangen, die Gestalt der Infloreszenz etwas körbchenartig. Es hat also eine Schlußbewegung eingesetzt, die durch den Temperaturabfall von Freiland ins Dunkelzimmer bewirkt sein mochte.

3^h 55 p. m., bei 21° C. war die Infloreszenz sozusagen völlig geschlossen.
6^h 06: 20° C. Schluß vollkommen.
9^h 45: 20 bis 21° C.
22. VII. nachts 12^h 47: 20·5 bis 21° C.
6^h 25: 21° C.
9^h 30: 21° C.
10^h 10: 21° C.

Man sieht, daß die zu erwartende Öffnungsbewegung am 22. vormittags nicht eintrat, wohl da kein veranlassender Temperaturanstieg erfolgte. Das konstante Licht blieb einflußlos oder wirkte eher hemmend, unterband ein Öffnen, das als Folge einer Nachwirkung oder als Ausdruck vorhandener autonomer Bewegungen zu erwarten gewesen wäre.

10^h 10 bis 11^h 35 wurde eine Dunkelperiode eingeschaltet, verbunden mit einem Temperaturabfall auf 18 bis 19° C. Veränderung trat keine ein. Erst nachdem 3^h 45 p. m. die Infloreszenz am Fenster der Westsonne (wegen Bewölkung, sehr wechselnder) ausgesetzt war, wo bis 25° C. erreicht wurden, kam es 4^h 40 zu einer sicheren, wenn auch bescheidenen Öffnungsbewegung. Die Infloreszenz gewann die Gestalt eines tubulösen Körbchens.

Kurz gefaßt lautet das Ergebnis des Versuches: Bei konstanter Beleuchtung und relativ sehr konstanter Temperatur ist wohl eine Schlußbewegung erfolgt, hingegen trat zur Zeit, da eine Öffnungsbewegung zu erwarten war, keine solche ein. Offenbar als Folge einer hemmenden Wirkung der konstanten Beleuchtung.

Als Gegenstück sei ein gleichzeitig im verdunkelten Hörsaal durchgeführter Versuch skizziert.

Am 21. VII. wird eine körbchenartig offene Infloreszenz, Dm. 3·3 bis 3·5 *cm*, am genannten Orte bei 18° C. um 10^h a. m. aufgestellt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

	10^h 25	keine Veränderung.
	11^h 27	18·2° C.
	12^h 10	flach körbchenartig, 18·5° C.
p. m.	2^h 45	deutlich Beginn einer Schließbewegung.
	3^h 2	Dm. 2·2 bis 3·0 *cm*, eingeengtes Körbchen, 19° C.
	4^h 8	unverändert.
	6^h	Dm. 2·2 bis 2·5 *cm*; 18·9° C.
	9^h 30	Dm. 1·7 bis 2·3 *cm*; 18·4° C.
22. VII. nachts	12^h 40	Dm. 1·3 bis 1 7 *cm*.
früh	5^h 40	Dm. 3·5 bis 3·7 *cm*; 18·5° C.
bis p. m.	5^h 25	fast keine Änderung; 19·5° C.

Die Gesamtschwankungen der Temperatur kamen nicht über 1 5° C., trotzdem und der konstanten Dunkelheit hat sich aber sowohl eine Schlußbewegung als eine Öffnungsbewegung eingestellt. Man wird beide als Ausdruck der Nachschwingungen eines induzierten, annähernd zwölfstündigen Rhythmus oder autonomer Bewegungen auffassen können.

Vergleicht man die beiden letztangeführten Versuche, so tritt eine auffallende Hemmung der Öffnungsbewegung durch das konstante Licht hervor. Die gleiche Erscheinung lehrt aber auch der nachstehende Parallelversuch, der am 29. VIII. 1922 eingeleitet wurde.

Die beiden Infloreszenzen wurden dem Garten 9^h 45 entnommen, wo am schönen, sonnigen Tag alle reaktionsfähigen schon 9^h 10 offen waren.

A. Infloreszenz flach scheibenförmig, Dm. 5·0 *cm*. Sie kommt 10^h in die Dunkelkammer und wird der Lichtintensität von 3200 Kerzen ausgesetzt.

29. VII.

10^h 30:	19·6° C.
11^h:	20·0° C., Öffnung eher verstärkt, Dm. 5·1 bis 5·2 *cm*.
12^h 8	unverändert.

B. Infloreszenz breit körbchenartig, offenbar jünger als *A*, wird am N-Fenster (Mikroskopiersaal) aufgestellt.

9^h 53:	19·8° C., Dm. 4·5 bis 4·7 *cm*.
10^h 42:	19·8° C., Dm. 5·0 *cm*.
12^h	19·7° C., Dm. 4·8 bis 5·0 *cm*.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

p. m. 3h 7	20·4° C., Dm. 3·4 bis 3·5 *cm*. Schlußbewegung also deutlich ersichtlich.
4h 35:	20·5° C., Dm. 2·5 bis 2·6 *cm*. Schlußbewegung vorgeschritten, aber retardiert gegen *B*.
6h 30:	20·5° C., Dm. 2·0 bis 2·2 *cm*, Infloreszenz von *Pulsatilla*-Form.
30. VII.	
A. 8h 53:	20·6° C., Dm. 1·7 bis 2·1 *cm*. Schluß also 29. VII. noch vorgeschritten. Form der Infloreszenz noch immer *pulsatilla*-artig.
11h 25:	21·0° C., Dm. unverändert, so auch:
p. m. 4h 15	bei 21·0° C. Nun wurde das Licht abgedreht.

p. m. 3h:	20·0° C., Dm. 2 bis 2·5 *cm*. Weit vorgeschrittener Schluß, im Freiland noch alle Infloreszenzen offen (helle Sonne und große Wärme).
4h 30:	20·0° C., Dm. 0·8 bis 1·2 *cm*. Schluß nahezu vollkommen.
6h 24:	20·5° C., Schluß vollkommen.
B. 8h 45:	18·0° C., Dm. 3·1 bis 3·8 *cm*. Infloreszenz hat die Gestalt eines schmalen Körbchens.
11h 15:	18·6° C., Dm. 4·2 bis 4·8 *cm*. Infloreszenz gleicht einem breiten Körbchen. Sie kommt nun hinter einem besonnten grauen Vorhang an einem S-Fenster.
11h 35:	21·0° C., Dm. 5·2 bis 5·6 *cm*.
12h 5:	22° C., Infloreszenz nahezu flach ausgebreitet.
p. m. 3h 39:	21·0° C., Dm. 3·6 bis 3·8 *cm*. Schlußbewegung hinter dem grauen Vorhang am S-Fenster eingetreten, keine Sonne mehr.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

6^h·	18·9° C., Dm. keine merkbare Änderung gegenüber 8^h 53 früh. Die Lampe wird gleich wieder abgedreht.	6^h 52:	20·8° C., Dm. 2·2 bis 2·5 *cm*. Inflores-zenz = eingeengtes Körbchen.
31. VII.			
8^h 34:	18·3° C., Dm. 3·2 bis 4·5 *cm*, also körbchenartig offen.	8^h 27	Dm. 5·0 *cm*. An den Vorhang streifte die Sonne, an von ihr nicht getroffener Stelle waren 19·0° C. Gestalt: breites Körbchen.

Wieder ist in diesem Versuche bei Infloreszenz *A* die Hemmung der Öffnungsbewegung durch das konstante Licht sehr auffällig, denn eine solche kam am 30. VII. überhaupt nicht zustande, erst die 4^h 15 p. m. eingeschaltete und später nachts vorhandene Dunkelperiode scheint sie ermöglicht zu haben. Auch ist hervorzuheben, daß sie bei Dunkelheit einsetzte und 8^h 34 früh schon weit fortgeschritten war. Dabei scheint die Temperatur keinen beschleunigenden Einfluß geübt zu haben (eine Erhöhung hat kaum stattgefunden, der Abfall war jedenfalls sehr unbedeutend), so daß in ihr eine autonome Bewegung zur Geltung gekommen scheint.[1] In diesem Versuche hat es völlig den Anschein, als ob das konstante Licht auch bei der Schlußbewegung von retardierender Wirkung gewesen wäre, was aber bei jenem vom 21. VII. nicht hervortritt, so daß es immerhin fraglich erscheint, ob für die Schlafbewegungen von *Dimorphotheca pluvialis* allgemein das Licht von hemmendem Einfluß sei. Auf alle Fälle scheint sein Einfluß weit verschieden zu sein von jenem, den es bei den bisher einer genaueren Prüfung unterzogenen Kompositeninfloreszenzen ausübt.

Im Anhange sei noch ein am 28. VII. 1923 durchgeführter Parallelversuch, betreffend den eventuellen Lichteinfluß auf die Bewegungen von *D. pluvialis*, angeführt.

---

[1] Oltmanns hat a. O., p. 44, die Ansicht vertreten, »daß Licht überhaupt die Vorbedingung für den Dunkelschluß und Dunkelheit die Vorbedingung für die Lichtöffnung sei«. Das wird für gewisse Blüten zutreffen und der Wechsel von Licht und Dunkel mag auch bei *Dimorpholheca pluvialis* fördernd auf die Bewegung sein; besonders scheint eine Dunkelperiode zu vermögen, die hemmende Wirkung andauernder Belichtung aufzuheben.

Eine *conditio sine qua non* aber ist der Beleuchtungswechsel für *D. pluvialis* nicht. Das zeigt schon der p. 13 angeführte Versuch im verdunkelten Hörsaal, wo die Schlußbewegung vor sich ging und ohne eine eingeschaltete Lichtperiode auch die Öffnungsbewegung folgte. Weitere Beispiele, wo durch Temperaturregulierung Gleiches erzielt werden konnte, gelangen noch zur Erwähnung.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zwei nahezu flach offene Infloreszenzen wurden 4^h 15 dem Freilande entnommen und in den Mikroskopiersaal des Institutes übertragen, wo 22° C. herrschten. Die eine wird unter einen Dunkelsturz, die andere unter eine Glasglocke gestellt.

Bei beiden vollzieht sich alsbald eine Schlußbewegung, die zur breiten Körbchenform führt; das war nach 10 Minuten sehr deutlich erkennbar. 5^h sind beide Infloreszenzen zur schmalen Körbchenform gelangt, 5^h 35 erscheinen sie bei 24° C. (Westsonne trifft die N-Front des Gebäudes streifend) *pulsatilla*-artig. Die Schlußbewegung ging also bei steigender Temperatur weiter. 6^h 15 (23·6° C.) Schluß vorgeschritten; 6^h 50 Schluß beider Infloreszenzen wesentlich äquivalent, Einblick auf die Scheibenblüten noch möglich.

29. VII. 8^h 25, 22·4° C. Blüte unter dem Glassturz in der Form eines schmalen (doch relativ weiten) Körbchens offen, Blüte unter dem Dunkelsturz relativ weit *pulsatilla*-artig. Das könnte also auf fördernden Einfluß des Lichtes auf die Öffnungsbewegung hinweisen. 8^h 52 werden die Stürze vertauscht. (Unter dem Dunkelsturz war die Infloreszenz inzwischen schmal körbchenartig geworden, jene unter dem Glassturz befand sich im Übergang zum breiten Körbchen.

9^h 54, 23·2° C. Infloreszenz unter Dunkelsturz, sehr breit körbchenartig, nahezu flach (Öffnung also trotz Dunkelheit vorgeschritten), Infloreszenz unter dem Glassturz im Übergang zum breiten Körbchen. Nun tritt also kein fördernder Lichteinfluß hervor und es wird wohl wahrscheinlich, daß die Differenzen nur auf die Individualität der Pflanzen rückführbar sind. Der Versuch wurde fortgesetzt. 3^h 50 p. m., bei 24·2° C. war die Infloreszenz unter dem Dunkelsturz schmal, jene unter dem Glassturz sehr breit körbchenartig. (Also scheinbar wieder ein Einfluß der Beleuchtung vorhanden.) Die Stürze wurden nun nochmals vertauscht. 4^h 58, bei 23·6° C. war die Infloreszenz unter dem Glassturz schmal, jene unter dem Dunkelsturz breit körbchenförmig. 6^h 13, 23° C. Schlußbewegung vorgeschritten, doch bei beiden Infloreszenzen noch im gleichen Verhältnis verschieden wie 4^h 58.

30. VII. 8^h 20: 22·4° C. Unter beiden Stürzen die Infloreszenzen als breite Körbchen.

10^h Die Öffnung der Infloreszenz unter dem Dunkelsturz ist größer als jene im Lichte unter dem Glassturz.

Das Ergebnis des Versuches spricht dafür, daß Licht oder Dunkel von keinem Einfluß auf die Bewegungen waren, hingegen die Differenzen ganz auf die Individualität und verschiedene Aktionsfähigkeit der beiden Infloreszenzen rückführbar sind.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Bezeichnet man die erst unter den Dunkelsturz gestellte mit *A*, die unter dem Glassturz mit *B*, so ergibt sich, daß *A* sowohl bei den Öffnungs- als den Schlußbewegungen immer die kleinere Amplitude gegenüber *B* aufweist. Auf die gleichen individuellen Verhältnisse wird ja auch an anderer Stelle hingewiesen werden und im selben Sinne spricht auch, daß drei am Morgen dem Freiland entnommene Infloreszenzen am gleichen Standort im Institute nebeneinander aufgestellt, 11^h ungleich in ihrer Öffnungsweite waren, zwei breit körbchenartig, die dritte flach offen.

Stoppel unterscheidet bei *Calendula* einen doppelten Einfluß des Lichtes auf die Bewegungen. »Die eine Reaktion ist geradezu entgegengesetzt der anderen. Zeitlich sind diese beiden Reaktionen getrennt. Die eine tritt bald nach einer Belichtung ein, ich bezeichne sie als Übergangsreaktion, die andere, die schließende Wirkung des Lichtes, zeigt sich erst bei längerer Einwirkung dieses Faktors und soll daher der Kürze halber Folgereaktion genannt werden.«

Stoppel sieht auch den im normalen Beleuchtungswechsel stattfindenden Blütenschluß von *Calendula* als Folge der hemmenden Lichtwirkung an.

Bei *Dimorphotheca* ist von einer öffnenden Wirkung des Lichtes, einem Übergangsreiz, nichts zu spüren und die Schließbewegung steht zweifellos ebenfalls wesentlich unter der Herrschaft der Temperatur. Doch aber ist eine hemmende Wirkung von Dauerlicht zumindest auf die Öffnungsbewegung auch bei *Dimorphotheca* vorhanden, so wie Stoppel ein Gleiches für *Calendula* mehrfach hervorhebt. So p. 401 und 406. An letzterer Stelle heißt es: »Demnach hat dauerndes Licht einen starken und nachhaltigen Einfluß auf die Blumen von *Calendula*, während der eine Bewegung einleitende Reiz von dauernder Dunkelheit, wenn ein solcher überhaupt besteht, sogleich mit dem Aufhören des Reizanstoßes auszuklingen scheint.« Die Lichtwirkung auf *Dimorphotheca* erfordert noch besondere, eingehende Untersuchung. In welcher Richtung, soll noch später gesagt werden.

Versuche zum Nachweis der ausgesprochen thermonastischen Natur der Schlafbewegungen von *Dimorphotheca pluvialis*.

Eröffnung geschlossener Infloreszenzen durch Zufuhr erwärmter Luft.

Am Morgen des 15. VII. 1922 war die Temperatur im Freilande tief, 10 bis 12° C.; nachmittags gab es Regen und trüben Himmel. Am N-Fenster des geschlossenen Mikroskopiersaales wurde um 11^h vormittags 16° C. festgestellt. Eine am Vortage daselbst eingestellte Infloreszenz wurde 4^h 30 p. m. geschlossen vorgefunden. Mit ihr wurde ein primitiver Vorversuch unternommen. Das Glas,

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

worin sie steckte, wurde auf ein Buch gestellt, dieses kam auf die obere Fläche eines Zimmergasofens, der angeheizt wurde. Im Verlauf von 10 Minuten erfolgte eine Öffnungsbewegung.

Unmittelbar folgend wurde der Versuch in etwas vorsichtigerer Form wiederholt. Eine geschlossene Infloreszenz wurde dem Garten entnommen. Das Fläschchen mit ihr wurde mittels Stativs 1 *m* ober dem Gasofen befestigt, in gleicher Höhe ein Thermometer.

5^h 33 p. m. wurde der Gasofen mit kleiner Flamme angeheizt.
6^h 15: 32° C., eine leichte Öffnungsbewegung ließ sich vermuten.
6^h 25, vollkommen deutlich.
6^h 45: 32·5° C., geht weiter, die einzelnen Zungenblüten reagieren nicht gleichmäßig.
7^h wurde der Versuch abgebrochen, der Gasofen abgedreht. Die Öffnungsbewegung schien fortzugehen.

Am 16. VII. 9^h 15 früh war diese Infloreszenz bei 18·5° C. (außen Regen und trüber Himmel) körbchenartig offen. Aufstellung am S-Fenster im besseren Licht hatte bis 10^h 30 keinen Erfolg.

Dem eben Mitgeteilten folgte ein weiterer Versuch am 16. VII. vormittags. Im Freien wurde eine Infloreszenz 9^h 15 entnommen. (Alle Infloreszenzen waren bei 9 bis 10° C. geschlossen.) Zunächst wurde sie im Zimmer, bei 18·5° C. aufgestellt, um zu sehen, ob diese Temperaturerhöhung zu einer Öffnung führt. Bis 10^h 30 war dies nicht der Fall und nun wurde sie, wie es beim Versuch am Vortage geschah, auf den Gasofen gebracht.

10^h 30: 19° C., eine Minute nach dem Anheizen 23° C.
10^h 35: 30° C.
10^h 40: 32° C. Jetzt ist die Öffnungsbewegung sehr deutlich.
10^h 45 sie schreitet rasch fort, nicht völlig gleichmäßig, da infolge der Form des Stativfußes die Erwärmung der Luft nicht allseitig gleichmäßig ist.
10^h 50 infolge Kürzung der Flammen 31° C., die Öffnungsbewegung gleicht sich allseitig aus. Dm. der Infloreszenz 3·5 *cm*.
11^h: 29° C. Öffnung vollkommen, Dm. über 4 *cm*.

Wie erwartet,[1] trat die thermonastische Öffnungsbewegung vormittags viel rascher ein als abends. Abends war sie erst 52 Minuten nach dem Anheizen des Gasofens deutlich, vormittags

[1] Zufolge der Angaben Pfeffer's.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schon nach 10 Minuten. Allerdings ist im letzteren Falle möglicherweise von Einfluß gewesen, daß die Infloreszenz eine Stunde lang vor dem Anheizen des Gasofens der Zimmertemperatur von 18·5° C. ausgesetzt war, also gegenüber 10° C. im Freien, einer bedeutend erhöhten. Wenn darauf auch noch keine Reaktion eingetreten war, kann sie doch die Stimmung zu einer solchen wesentlich vorbereitet haben.

Auch darauf ist hinzuweisen, daß diese künstliche Eröffnung an Infloreszenzen vollzogen wurde, die vorausgehend lang in geschlossenem Zustande verharrt hatten. Die am 15. VII. verwendete hatte sich am Morgen nicht geöffnet gehabt, die am 16. VII. herangezogene weder am 15. VII. noch am 16. VII.

Hier sei ein Versuch vom 30. VII. 1923 angeschlossen, in dem mit einer Infloreszenz, die morgens die Öffnung und nachmittags den Schluß vollführt hatte, abends eine neuerliche Öffnung (bei in gleicher Weise wie bei den früheren Versuchen, bewirkter Temperatursteigerung) erzielt wurde.

Die Infloreszenz war nachmittags 5^h bei 24° C. im betreffenden Institutsraum in »*Pulsatilla*-Form« geschlossen. Ich stellte sie um diese Zeit in den Dunkelkasten des Zimmers für konstante Temperatur bei 16° C. Bis 6^h war keine sichere Steigerung des Schlusses erkennbar. Sie kam nun auf den Gasofen, der 6^h 03 angeheizt wurde, wobei die Temperatur langsam von 24 auf 39° C. anstieg. Bis 6^h 45, da 39° C. erreicht waren, wurde keine Öffnungsbewegung wahrgenommen, wohl aber 6^h 55 sehr deutlich. Die Infloreszenz gewann die Form eines sehr regelmäßigen schmalen Körbchens; bei 38 bis 39° C. erweiterte sich das Körbchen allmählich zu dem Dm. 1·8 bis 2·0 *cm*, 7^h 05 wurde der Versuch abgebrochen, die Öffnungsbewegung dürfte dann auch bei fallender Temperatur fortgeschritten sein. Am 31. VII. 8^h 45 früh wurde die Infloreszenz bei 21° C. schön flach ausgebreitet vorgefunden.

Im Vergleich zu den vorigen Versuchen ist das Zeitintervall bis zum Öffnungsbeginn annähernd gleich dem im Versuche vom 15. VII. 1922, wo ebenfalls abends die Öffnung der Infloreszenz bewirkt wurde; sowohl gegenüber diesem Versuche als auch dem vom 16. VII. 1922 aber trat im letztangeführten die Öffnungsbewegung erst bei einer wesentlich höheren Temperatur, 39° C., ein, während sie sich bei jenen schon bei 32° C. einstellte.

Das stimmt vollends mit den Erfahrungen Pfeffer's[1] überein, der p. 194 sagt: »Schon bei *Crocus* und *Tulipa* ist es auffallend, wie das Öffnen der Blüten durch Temperatursteigerung ungleich schneller erfolgt, wenn die Blüten vorher längere Zeit im geschlossenen Zustande verharrten, als wenn sie gleich nach Schließung durch Wärme zum Öffnen gebracht werden.« Er führt

[1] »Untersuchungen über das Öffnen und Schließen etc.«

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dann Beispiele an, wo das noch hervortretender der Fall ist und fährt dann p. 195 fort: »Das ebenerwähnte Verhalten traf ich noch in extremerer Weise.. an allen untersuchten sich öffnenden und schließenden Blüten der Kompositen. Sind diese abends geschlossen, dann vermag man ohne besondere Vorrichtungen, selbst bei Erhöhung der Temperatur von 10 auf 28° C., gewöhnlich gar keine Bewegung zu erkennen, auch dann nicht, wenn sich schon nachmittags schließende Blüten, wie die von *Venidium calendulaceum* und *Barkhausia rubra*, noch bei Tageslicht erwärmt wurden.« Und p. 196: »Für diese Blüten ist Royer's Behauptung, daß die geschlossenen Blüten abends nicht durch Wärme zum Öffnen zu bringen seien, allerdings richtig, dagegen befindet sich dieser Autor in Irrtum, wenn er allgemeine Gültigkeit für seine Ansicht verlangt und diese unter anderen auch auf *Tulipa* und *Crocus* ausdehnt.«

Wir haben also in *Dimorphotheca pluvialis* eine Komposite, bei der auch abends das Eröffnen geschlossener Blüten, durch eine allerdings beträchtliche Temperatursteigerung, gelingt; ja auch gelingt an Infloreszenzen, die kurz vorher zur Schließung gekommen waren.

Übrigens möchte ich vermuten, daß bei genügender Temperaturerhöhung das gleiche auch mit den Blütenkörbchen von *Venidium calendulaceum* (= syn. *decurrens)* und *Barkhausia rubra* (syn. *Crepis rubra)* gelänge, denn erstere ist wie *D. pluvialis* eine Afrikanerin, letztere aber in Italien und Griechenland beheimatet; beide dürften zur Reaktion starker Temperatursteigerung bedürfen.

Die bisher besprochenen, durch Temperaturerhöhung erzielten Öffnungen geschlossener Infloreszenzen von *D. pluvialis* wurden am Lichte, wenn auch im gedämpften, durchgeführt. Daß sie auch in voller Dunkelheit gelingen, möge die Anführung einiger weiterer Versuche dartun.

Am 18. IX. 1922 wurde früh 9^h 30 eine *pulsatilla*-artig geschlossene Infloreszenz bei 15·5° C. dem Garten entnommen und 9^h 38 in das Dunkelzimmer gebracht, wo die Temperatur 17° C. betrug.

10^h 02 war an ihr eine in voller Dunkelheit erfolgte geringe Öffnung erkennbar, doch die *Pnlsatilla*-Form noch beibehalten. Jetzt stellte ich sie in die Nähe der in Tätigkeit gebrachten Rubinlampe; in gleicher Entfernung von dieser befand sich ein Thermometer. Rasch wies dieses die Temperatur 20° C. auf, ebenso rasch erfolgte die Öffnungsbewegung an der Infloreszenz, und zwar zunächst einseitig gefördert an der der Lampe zugewendeten Seite.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

10^h 10 hatte die Infloreszenz schon die Form eines breiten Körbchens, 10^h 25 bei 22° C. (und wahrscheinlich schon früher) war sie ganz offen: Dm. 4·0 *cm*.

Die Infloreszenz kam dann 10^h 30 in mein nordseitig gelegenes Mikroskopierzimmer, bei 14° C. 11^h 15 war die Infloreszenz noch unverändert offen, 4^h p. m. bei 15° C. in der Gestalt eines engen Körbchens und 6^h 20 die Schlußbewegung vorgeschritten, aber noch lange nicht vollendet.

Um auch das Licht der Rubinlampe auszuschalten, wurde diese in einem folgenden Versuch unter ein parallelopipedisches Gehäuse von quadratischem Grundriß eingeschoben, zwei Wände aus Holz, zwei und die Decke aus Pappe bestehend. Eine geschlossene an die eine Pappewand genäherte Infloreszenz öffnete sich im Dunkelzimmer prompt. Der Versuch mittels dieses Gehäuses wurde dann auch dahin abgeändert, daß die von der Rubinlampe ausstrahlende Wärme nur durch einen Spalt von 2 *cm* Höhe und 2 *mm* Breite an die davorstehende Infloreszenz gelangen konnte. Der Spalt befand sich an einer Holzwand, die aber innen eine Asbestplatte angelagert hatte. Auf diesem Wege gelang es die thermonastische Reaktion zunächst bei der dem Spalt gegenüber stehenden Strahlblüte hervorzurufen, die auch nahezu sofort reagierte. Bald schritt die Öffnungsbewegung an den weiteren Strahlblüten rechts und links vor und nach 10 Minuten war die dem Spalt zugekehrte Hälfte der Infloreszenz offen. Auf diese Weise läßt sich die Individualität der einzelnen Blüte zeigen. Noch besser aber, weil mit schärferer Abgrenzung, gelingt das, wenn man an einer geschlossenen Infloreszenz eine Strahlblüte mit Tusche markiert und an diese dann wiederholt das mittels Brenners erwärmte Ende eines Eisendrahtes nahebringt. Es gelingt dann, bloß ein paar Randblüten zur Öffnungsbewegung zu veranlassen und aus der übrigen geschlossen bleibenden Infloreszenz hervorzulocken. Das Ergebnis eines solchen Versuches, das etwa in 10 Minuten erreicht war (3. X. 1922) skizziert in natürlicher Größe Fig. 4. Der Versuch ist auch geeignet, die nahen Beziehungen zwischen Tropismen und Nastieen zu beleuchten,[1] denn tatsächlich war die Bewegung der beiden Strahlblüten positiv thermotrop gegen die Wärmequelle zu erfolgt.

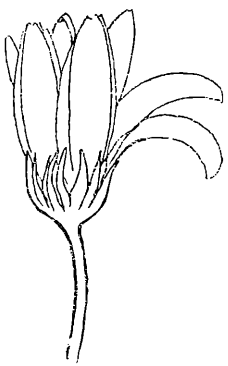


Fig. 4.

Topfkulturen 1923.

Instruktiv war die Beobachtung der Topfkulturen 1923. Diese umfaßten sechs Töpfe, besiedelt je mit vier bis sechs Pflanzen, die an verschiedenen Orten zur Aufstellung kamen und so zu Vergleichen

[1] Worauf auch Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II, p. 356, hinweist.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Gelegenheit boten. Drei Töpfe wurden in Zimmern an verschieden orientierten Fenstern gehalten: I. N-Fenster; II. W-Fenster; III. S-Fenster; IV wurde in der warmen Kiste mit feuchtwarmer Tropenluft, V im Palmenhaus mit S-Stellung, VI endlich an der W-Wand des kühlen N-Versuchsgewächshauses, wo keine Sonne die Pflanzen treffen konnte, aufgestellt.

Der Ort der Aufstellung blieb allerdings nur für V ständig der gleiche; mit den anderen wurde öfters ein Wechsel vorgenommen. Von Vorteil wäre auch noch gewesen, Einzelpflanzen in Töpfen zur Verfügung zu haben, was von mir auch beabsichtigt war, jedoch durch ein Mißverständnis nicht zur Ausführung gelangte.

Durch diese Versuche kamen deutlich noch jene Momente zum Ausdruck, die neben dem wesentlichen Reizanlaß, den Temperaturänderungen, das Maß der Bewegung mit beeinflussen, so die: eventuellen Nachschwingungen oder autonome Bewegungen, die Individualität der Pflanze, das Alter der Infloreszenz, die konstitutionelle Kraft und das Gedeihen der Pflanze. Ebenso war die günstige Wirkung kühleren Wetters und kühleren Standortes auf die Dauer der Infloreszenz erkennbar, während große Wärme und Feuchtigkeit das Ausleben beschleunigen.[1]

Eingehender werde ich nur die Versuche mit Topfkultur VI, teilweise auch IV, besprechen, aus den übrigen Kulturen aber nur einzelnes hervorheben. Die Versuche begannen am 2. VI. und wurden mit den einen Kulturen bis 15. VI., mit den anderen länger und mit einer bis 24. VI. fortgeführt.

Die Nachwirkungen und die autonomen Bewegungen.

Nach Pfeffer sind die Schlafbewegungen Folge von Außenreizen, »die vornehmlich durch den tagesrhythmischen Wechsel der Beleuchtung oder der Temperatur oder auch durch das Zusammengreifen beider Faktoren hervorgerufen werden«.[2] Dadurch kommt im allgemeinen ein 12 12stündiger Rhythmus zustande, der sich durchschnittlich auch bei *Dimorphotheca pluvialis* äußert. Wie Pfeffer[3] für *Phaseolus* nachgewiesen zu haben glaubt, nehmen den gleichen Rhythmus die Nachschwingungen; auch spricht er die Vermutung aus, daß ein derartiges Verhalten bei den schlaftätigen Pflanzen allgemeiner vorhanden ist und weist auch darauf hin, daß die Nachwirkungsbewegungen bei den thermonastischen und hydronastischen Bewegungen zurücktreten,

---

[1] Auch von Pfeffer hervorgehoben (Untersuchungen über Öffnen und Schließen, p. 213).

[2] Pfeffer »Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen« p. 400.

[3] Derselbe, ebendort, p. 441.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

daß das tägliche Öffnen und Schließen der thermonastischen Blüten größere Unregelmäßigkeiten bietet, als die periodischen Bewegungen der photonastischen Organe, weil eben der Gang der Temperatur viel unregelmäßiger verläuft als der tägliche Rhythmus der Beleuchtung.

Schon eingangs wurde auf die durch Stoppel experimentell erbrachten Ergebnisse hingewiesen, die gegen die Nachwirkungen und durch sie bedingte Nachschwingungen sprechen und da auch meine Beobachtungen späterhin mir klar das Vorhandensein autonomer Bewegungen ergaben, erblicke auch ich in den hier zu nennenden Erscheinungen, die ich vorerst im Sinne Pfeffer's als Nachschwingungen auffaßte, das Hervortreten autonomer Bewegungen.

Durch beträchtlichere Temperaturänderung nach oben oder nach unten kann die Wirksamkeit der autonomen Bewegungen gänzlich verdeckt werden, während sie bei gewissermaßen normaleren Verhältnissen wohl zur Äußerung gelangen.[1]

So waren die Verhältnisse sozusagen normale an den Standorten der Kulturen I, II, III (N-, W-, S-Fenster im Zimmer) während der Tage vom 2. bis 4. VI. Da war zwischen 3^h 45 bis 4^h 30 stets Schluß der Infloreszenz eingetreten und dieser hatte sich häufig eingestellt, ohne daß ein Temperaturabfall ihn begleitet hätte, sondern wiederholt bei — wenn auch mäßig steigender Temperatur. Z. B. waren in Kultur II am 3. VI. morgens 9^h 45 bei 18° C. die Infloreszenz breit körbchenartig offen, 4^h 05 p. m. waren sie bei 21·4° C. geschlossen. Hier hat autonome Bewegung den Schluß eingeleitet und durchgeführt. Oft war nur die Einleitung dieser überlassen, während die Vollführung auch unter Mitwirkung vorhandenen Temperaturabfalles vor sich ging. Hingegen wurden die autonomen Bewegungen an gewissen warmen Tagen in Kultur IV (warme Kiste) ganz durch die herrschende hohe Temperatur unmerkbar gemacht; so am 6. VI., wo um 3^h 50 p. m. bei 28° C. die Körbchen flach offen waren und am 8. VI. um die gleiche Stunde bei 28·8° C. die Lage der Strahlblüten unter die Horizontale gelangt war. Andrerseits haben im N-Gewächshaus (Kultur VI) in der Regel autonome Bewegung und Temperaturabfall gleichsinnig auf die Schlußbewegung zusammengewirkt. Zweifellos kann aber auch die Öffnungsbewegung am Morgen ohne eine Temperatursteigerung, durch eine autonome Bewegung, eingeleitet werden. Ich habe dafür weniger eigene Beobachtungen, doch findet sich ein sicherer Fall folgend auf p. 27 verzeichnet. Im gleichen Sinne sprechen Beobachtungen Pfeffer's (Untersuchungen über das Öffnen und Schließen, p. 196), der für *Taraxacum* und *Leontodon* angibt, daß selbst ein starker Temperatur-

[1] Unter welchen künstlich geschaffenen Bedingungen am beweisendsten hervortreten, wird in der Folge berichtet werden.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

abfall am Morgen die Öffnung der Blüte nicht zu sistieren vermag. Auch steht das im Einklang mit den Verhältnissen bei wesentlich photonastischen Blüten wie *Calendula*, die nach Stoppel (p. 382) ihre Öffnungsbewegung in der Dunkelheit 4^h früh beginnt, den Schluß aber untertags zwischen 11 bis 12^h.

Der Einfluß der Individualität, der konstitutionellen Kraft und des Gedeihens.

Die nachstehende Beobachtung dürfte teilweise auf die Individualität, teilweise auch auf Kräftigkeit und Gedeihen zu beziehen sein. Auf den Einfluß der Individualität hat übrigens Pfeffer auch hingewiesen; sie wäre besser bei Einzelkultur der Pflanzen in Töpfen zu verfolgen.

Die Angaben beziehen sich auf Kultur II und für den 16. VI., 11^h 30, bei 17·8° C. Im Topfe waren vier Pflanzen, die Infloreszenzen zeigten folgendes Verhalten: Individuum 1, das schwächste, besaß eine Infloreszenz mit *Pulsatilla*-Form, teilweise geschlossen. Individuum II, sehr kräftig, drei Infloreszenzen von *Pulsatilla*-Form, offen. Individuum III, kräftig, zwei Infloreszenzen, breit körbchenartig offen. Individuum IV, minder kräftige Pflanze, aber in guter Verfassung, zwei Infloreszenzen, schmal körbchenartig offen. Also zu gleicher Zeit und bei gleicher Temperatur eine recht verschiedene Öffnungsweite. Übereinstimmend waren an den vier Pflanzen die Öffnungsverhältnisse auch am 20. VI. 10^h 30, bei 16° C. Wieder hatte nur Individuum III die eine vorhandene Infloreszenz breit körbchenartig offen.

Abhängigkeit der Öffnungsweite vom Alter der Infloreszenz.

Es ist unschwer zu beobachten, daß neu sich öffnende Infloreszenzen eine geringere Öffnung erreichen als ältere. Im allgemeinen erfolgt das erste Öffnen in den Morgen- und Vormittagsstunden; das ist das gewissermaßen normale Verhalten. Es kann aber auch in den späteren Stunden erfolgen. So waren am 6. VI. 1923 bei dem in der warmen Kiste aufgestellten Topf um 7^h 50 früh die Infloreszenz breit körbchenartig offen und unter ihnen befanden sich drei neu aufgegangene. 3^h 50 bei 28° C. wurden aber neben drei flach offenen alten Infloreszenzen, fünf neue, diese schmal bis breit körbchenartig offen, vorgefunden. Unter günstigen Wetter- und Wärmeverhältnissen dürfte auch im Freilande das erste Öffnen einer Infloreszenz zu späterer Tagesstunde erfolgen, damit aber auch der Rhythmus der Bewegungen bei den einzelnen Infloreszenzen einen mehr oder minder ungleichen Verlauf nehmen.[1]

[1] Ein Hinweis auf derartige Verschiebung der Perioden findet sich bei Oltmanns, p. 41. Stärkere Temperaturreize werden sie bei *Diphormotheca* jedoch stets zu beseitigen vermögen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wie bei den jüngeren Infloreszenzen die Bewegungsamplitude eine geringere ist, so findet auch mit dem Alter eine Abnahme derselben statt und sinkt oft auf ein recht geringes Maß.

Sind die Temperaturschwankungen gering, so entziehen sie sich leicht der Beobachtung. Ein stärkerer Reiz, so das In-die-Sonne-Stellen, löst aber allenfalls auch noch eine intensivere Reaktion aus. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß bei alten Infloreszenzen die Aktionsfähigkeit im geöffneten Zustande verlorengegangen sein kann; bei solchen führt auch das Aussetzen in die Sonne zu keiner Reaktion.

Bei dieser Gelegenheit sei noch erwähnt, daß die Öffnungen und Schlußbewegungen von den Infloreszenzen verschieden lange gut ausgeführt werden können. Durch sieben Tage häufig, auch durch neun war es wiederholt beobachtet. Im extrem einmal durch elf.

Offenbleiben der Infloreszenzen nachts oder doch sehr unvollkommenes Schließen.

In Ergänzung der eingangs erwähnten Beobachtung Goebels, daß im Victoria-Haus die Infloreszenzen von *Dimorphotheca* um 10^h nachts offen waren, kann ich über ähnliche Wahrnehmungen an dem Stocke, der in der warmen Kiste aufgestellt war, berichten. Schon an früherer Stelle (p. 24) wurde darauf hingewiesen, daß an diesem Orte die Schlußbewegungen, gegenüber den Pflanzen an anderen Aufstellungsplätzen, sehr verspätet einsetzten. Um 6^h 20 abends wurden sie wiederholt noch breit körbchenartig vorgefunden. Am 9. VI. waren 9^h 35 früh bei 26·8° C. acht Infloreszenzen flach, jüngere breit körbchenartig, eine neu aufgehende schmal körbchenartig offen. Nachts 10^h 30 bei 22° C. waren von den acht älteren Infloreszenzen fünf noch schmal körbchenartig, drei in *Pulsatilla*-gestalt offen. Am 1. VIII. 1923 wurde mit sechs abgeschnittenen, am Vortag in der warmen Kiste aufgestellten Infloreszenzen ein besonderer Versuch veranstaltet, der allerdings nur unvollkommen gelang, doch erkennen läßt, wie bei besser geglückter Temperaturregulierung die Sache verlaufen wäre.

In der Nacht zum 1. VIII. hatte Regen geherrscht, die Temperatur im Freien war auf 16° C. gesunken.

In der Kiste waren 10^h 10 vormittags, bei 23° C., die Infloreszenzen breit körbchenartig. Untertags trat Ausheiterung ein, nachmittags 4^h waren bei 32° C. die Infloreszenzen flach offen. Es war nun beabsichtigt, durch rechtzeitiges Anheizen des Kessels den Temperaturabfall zu verhindern. Teils wegen zu späten Heizens (5^h 30), teils infolge der sehr kühlen Abendtemperatur, war aber schon 5^h 45 p. m. der starke Temperaturabfall auf 24·4° C. da, die

Infloreszenzen waren nun breit körbchenförmig, hatten also eine Schlußbewegung ausgeführt. Ich beschloß, im Institute zu bleiben und nachts die Beobachtung fortzusetzen.

	8^h 40:	25° C. Infloreszenz breit körbchenförmig.
	11^h 35:	25° C.
2. VIII.	3^h 30 früh:	22° C. offen, Übergang zum schmalen Körbchen.
	6^h:	21° C. wesentlich gleich.
	[1] 8^h 30:	21° C. breit körbchenartig, Öffnungsbewegung hat ohne Temperatursteigerung eingesetzt.
	8^h 38	wurden sie an das S-Fenster in die Sonne übertragen, reagierten darauf sozusagen momentan; bei konstant steigender Temperatur, die zunächst mit 26° C. abgelesen wurde, waren sie flach offen.
	8^h 47	wurden sie an das N-Fenster des Mikroskopiersaales, wo 21° C. waren, gebracht.
	9^h 15	eine leichte Hebung der Randblüten erkennbar.
	9^h 16	an das offene W-Fenster bei 17° C. gestellt, war
	10^h 07	eine Verstärkung der Schlußbewegung erkenbar,
	10^h 15	am S-Fenster der Sonne ausgesetzt, versagen sie zunächst eine Reaktion (10^h 28), erst
	10^h 38	sind zwei Infloreszenzen schon im Übergang zur Flachstellung, zwei noch etwas zurückstehend.

Beachten wir vorläufig nur das Verhalten der Infloreszenzen ab 4^h p. m. des 1. VIII. bis 8^h 30 früh des 2., so sehen wir, daß die um 4^h bei 32° C. flach offenen Körbchen auf den starken Temperaturfall bis 24·4° C. zwar eine Schlußbewegung zu breit offenen Körbchen ausgeführt haben, daß aber bei im wesentlichen dann gleich erhaltenen Wärmeverhältnissen die Infloreszenzen bis Mitternacht die immerhin weit offene Körbchenform behielten und daß erst 3^h 30 morgens mit dem weiteren Wärmerückgang auf 22° C. der Übergang zur schmalen Körbchenform eingeleitet war und auch 6^h früh die Infloreszenzen das wesentlich gleiche Stadium zeigten. Es läßt sich wohl berechtigt schließen, daß, wenn die um 4^h nachmittags vorhandene Wärme von 32° C. erhalten geblieben wäre, die Infloreszenzen die ganze Zeit über flach offen geblieben wären, ja, daß dieser Zustand bei konstanter Temperatur tagelang erhaltbar wäre, so wie es mit dem geschlossenen Zustande der Fall ist, wenn eine gewisse tiefe Temperatur herrscht, wofür

[1] Nach 8^h 30 früh sind hier nur mehr die Ergebnisse von vier der sechs Infloreszenzen angeführt, mit zweien wurde andersartig verfahren.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wir im folgenden ein Beispiel bringen werden. Es ist kein Zweifel, daß sich mit *Dimorphotheca pluvialis* leicht, nur durch entsprechende Temperaturänderung, der Rhythmus umkehren läßt, daß die Infloreszenzen gezwungen werden können, tags geschlossen und nachts offen zu sein. Im Nachtrage folgt später ein entsprechender Versuch.

Was das weitere Verhalten unserer Versuchsinfloreszenzen ab 2. VIII. 8^h 30 früh anbelangt, so ist zunächst auf die um diese Zeit schon vorhandene Öffnungsbewegung aufmerksam zu machen, die ohne Temperatursteigerung erfolgte und wohl Äußerung des inneren Rhythmus, autonomer Natur, ist. Die Infloreszenzen waren aus der Übergangsstellung vom breiten zum schmalen Körbchen (also einer sehr unvollkommenen, erreichten Schlußbewegung) schon wieder zur breiten Körbchenform gelangt. Es ist das Gegenstück zu jenem Verhalten, das uns entgegentritt, wenn sich Schlußbewegungen trotz etwas steigender Temperatur vollziehen (vgl. p. 24).

Das In-die-Sonne-Stellen führte momentan zur flachen Öffnung, die Infloreszenzen konnten aber durch Temperatursenkung auf 21° C. und 17° C. zu einer leichten Schlußbewegung (sehr breite Körbchenform) übergeführt werden.

10^h 15 wieder der Sonne ausgesetzt, versagte zunächst die Reaktion,
10^h 28 war noch keine bemerkbar, während sie
8^h 38 momentan reagiert hatten. Erst
10^h 38 war neuerdings der Übergang zur flachen Öffnung eingetreten. Darin äußert sich anscheinend eine Ermüdung auf zu rasch hintereinander folgenden Temperaturwechsel.[1]

Das Tagebuch der Kultur VI.

Ich möchte daran anschließend, das Tagebuch der Kultur VI (Topf mit fünf Pflanzen) wiedergeben, insofern die an ihr gemachten Beobachtungen und Versuche besonders instruktiv sein dürften. Die Kultur wird am 2. VI. westseitig im N-Haus (Versuchsgewächshaus), wo sie von der Sonne nicht getroffen werden konnte, um 12^h mittags bei 20° C. aufgestellt. Von den fünf vorhandenen Infloreszenzen verschiedenen Alters waren zwei flach offen, zwei weit körbchenartig, eine, die jüngste, eng körbchenartig. Sie wurden entsprechend signiert.

4^h 40 p. m. bei 17·2° C., die Infloreszenz geschlossen, die jüngste am engsten.

---

[1] Auch Pfeffer (Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen, p. 423) weist auf Herabsetzung der Aktionsfähigkeit bei schneller Aufeinanderfolge der Reizbewegungen hin.

VI.	9^h 10:	16·4° C.	(nächtliches Minimum war 14·6° C.). Infloreszenzen schmal körbchenartig offen, eine etwas breiter, eine noch zur Röhre geschlossen, nur oben offen. Eine neu aufgehende in *Pulsatilla*-Form. Die Temperatur offenbar nahe der Grenze, die Aufgehen noch gestattet, die Öffnungsbewegung von eingeengter Amplitude.
	12^h 05.		Infloreszenzen schon eng geschlossen, eine noch in Form eines schmalen Körbchens. (Rauher Tag.)
	4^h p. m.		Alle Infloreszenzen vollkommen geschlossen.
4. VI.	9^h 10:	17° C.	(nächtliches Minimum 15° C.). Infloreszenzen etwas über die enge Körbchenform offen. Eine welk, drei neu aufgehend, zwei davon entfernt, die dritte signiert.
	4^h 10 p. m..	16·3° C.	Infloreszenzen geschlossen, Himmel trübe.
5. VI.	9^h 10:	16° C.	(nächtliches Minimum 12·5° C.). Infloreszenzen nur *pulsatilla*-artig offen, eine etwas mehr.
	11^h 30:	15·8° C.	Infloreszenzen deutlich geschlossen. Morgens kam im Zusammenwirken mit der bescheidenen Temperaturerhöhung wohl der innere Rhythmus in der geringen Öffnungsbewegung zum Ausdruck.
6. VI.	7^h 50:	13·8° C.	Infloreszenzen geschlossen.
	9^h 15:	15° C.	Drei Infloreszenzen geschlossen, eine schmal körbchenartig, zwei zeigen Welkungsschluß und werden entfernt.
	11^h 50:	17·8° C.	Eine Infloreszenz breit körbchenartig, eine etwas offen, aber keine typische *Pultillasa*-Form, zwei jüngere geschlossen.
	5^h p. m.:	17·6° C.	Eine Infloreszenz breit körbchenartig scheint die Aktivität zu verlieren, die anderen geschlossen.
7 VI.	9^h 20:	13·8° C.	(nächtliches Minimum 12·5° C.). Die Infloreszenzen geschlossen, nur eine schmal körbchenartig. (Unvollkommen erreichter Schluß der am Vortage breit körbchenartig offen gewesenen.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

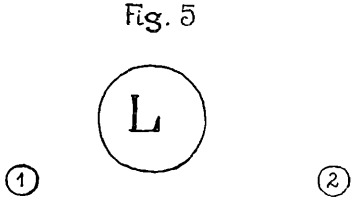
VI. 3^h 30 p. m.: 22° C. Alle Infloreszenzen geschlossen.[1]

6^h 10° C. Gleichfalls.

8. VI. 8^h 32: 12° C. (nächtliches Minimum 10·8° C.). Infloreszenzen geschlossen (darunter zwei mit Welkungsschluß); eine nur unvollkommen, *pulsatilla*-artig, ist durch Markierung als alt gekennzeichnet.

Der Stock wird darauf in das Dunkelzimmer übertragen, wo 16·2° C. abgelesen werden. Zwischen drei der Infloreszenzen wird die Rubinlampe eingeschoben, so daß, wie in der Skizze Fig. 5, die Infloreszenz 1 3 *cm*, Infloreszenz 2 5 *cm* und 3 etwa 6 *cm* von der Lampe entfernt sind. Der Strom wird um 8^h 55 eingeschaltet. Die erste Reaktion ist nach 3 Minuten, verständlicher-

Fig. 5



weise einseitig, an den Infloreszenzen 1 und 3 erkennbar. Ihrem Alter nach ist Infloreszenz 1 die älteste, 3 ihr folgend und 2 die jüngste gewesen. Nach 10 Minuten waren 1 und 3 halbseitig körbchenartig offen, bei 2 der Reaktionsbeginn an den der Lampe nächsten Strahlblüten deutlich. Durch Verschiebung der Lampe gelingt es bis 9^h 15 alle Infloreszenzen in die breit körbchenartige Form überzuführen. Der Stock kam nun wieder in das N-Haus.

8. VI. 11^h 40: 14·5° C. Keine weitere Infloreszenz geöffnet, bei den künstlich zur Öffnung gebrachten, vielleicht Beginn der Umkehr.

4^h p. m.23: ·5° C.[2] Wie 11^h 40, nur ist bei den künstlich geöffneten die Schlußbewegung deutlich, die Infloreszenz in Gestalt schmaler Körbchen.

9. VI. 10^h 10: 14° C. (nachts Minimum 12° C.). Nur die gestern eröffneten Infloreszenzen teilweise offen; am meisten 3 (schmales Körbchen), 1 und 2 gestatten auch noch teilweisen Einblick auf die Scheibe.

---

[1] Die Westsonne streift nachmittags das N-Haus und auch das Thermometer; die Temperatur bei der Kultur war jedenfalls viel tiefer.

[2] Temperaturangabe wertlos; offenbar hat Sonne das Thermometer gestreift.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

			Wahrscheinlich liegt bei diesen Infloreszenzen noch der unvollkommene Schluß vom Vortage vor. Alle übrigen Infloreszenzen waren geschlossen, obwohl ich einige davon als blühreif ansah. Um das zu prüfen, wurde der Stock an ein S-Fenster übertragen und
9. VI.	10^h 20		der Sonne ausgesetzt.
	10^h 34		vollzieht sich die Öffnungsbewegung bei den drei gestern künstlich eröffneten Infloreszenzen; auch bei den jüngeren, geschlossen gewesenen, setzt bei einigen langsam Öffnen ein.
	10^h 39		ist Infloreszenz 3 des Vortagsversuches flach offen, 1 und 2 in Gestalt breit körbchenförmig.
	10^h 50		alle drei Infloreszenzen flach offen, dazu haben fünf weitere Infloreszenzen *Pulsatilla*- bis breit körbchenartige Form erreicht. Der Stock kommt darauf wieder in das N-Haus.
10. VI.			Wolkenloser Tag, der eine Schönwetterperiode einzuleiten schien; weitere Beobachtungen des Stockes unterblieb am 10. VI.
11. VI.	9^h 50:	18·8° C.	(Maximum am Vortage 29° C.) Infloreszenzen alle offen, breit körbchenartig, auch mehr.
	11^h 35:	21° C.	Öffnungsverhältnisse wesentlich wie 9^h 50. Der Stock kommt nun in das Zimmer für konstante Temperatur,[1] und zwar in den Dunkelschrank, wo früh 13° C. abgelesen und auch
	11^h 40		vorgefunden wurden.
	4^h 10 p. m.		Die jüngeren Infloreszenzen haben eine vollkommene Schlußbewegung vollführt, die älteren eine unvollkommene (schmalst körbchenartig).

[1] Infolge seiner Lage und Konstruktion hält sich die Temperatur hier sehr konstant, was für niedere Temperaturen ausgenützt werden konnte. Für hohe leider nicht. Der erst eingebaute Ofen hatte eine zu kurze Brenndauer und hätte einc dauernd damit beschäftigte Kraft benötigt. Der Wechsel eines neuen Ofens ist zum Teil durchgeführt, aber mangels der nötigen Dotation nicht vollendet. Ebenso steht es mit der der Erneuerung bedürftigen elektrischen Regulierung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

12. VI. 10^h 30: 13° C. Keine Veränderung seit gestern nachmittags.

13. VI. 10^h 15: 13° C. An den Infloreszenzen keine Veränderung. Tag trüb, kühl.

3^h 50 p. m.: 13° C. An den Infloreszenzen keine Veränderung. Tag trüb, kühl. Die Absicht, nachmittags die Öffnungsbewegung durch Übertragen in die Sonne auszulösen, konnte infolge fehlenden Sonnenscheins nicht durchgeführt werden. Als Ersatz hierfür wurde der Topf

3^h 50 in die warme Kiste übertragen, wo 23° C. abgelesen wurden.

4^h 10 Anfang einer Öffnungsbewegung erkennbar.

4^h 45 Öffnungsbewegung stark vorgeschritten, Infloreszenzen meist schmal körbchenartig, etliche noch von *Pulsatilla*-Form.

5^h 30 Infloreszenzen breit körbchenartig, auch die alten Infloreszenzen, die nicht geschlossen waren, reagieren noch, darunter eine, die den elften Tag in Beobachtung stand.

6^h 25: 21·2° C. Infloreszenzen breit körbchenförmig, eine nahezu flach.

11^h nachts: 16° C. Infloreszenzen schmal körbchenförmig, nur die ältesten noch breit körbchenartig.

14. VI. 5^h früh: 14° C. Die Mehrzahl der Infloreszenzen von *Pulsatilla*-Gestalt, die alten breiter oder schmäler körbchenartig.

7^h 50: 16° C. Die Mehrzahl der Infloreszenzen in Öffnungsbewegung schmal körbchenartig, einige noch *pulsatilla*-artig; alte, breiter offene, reagieren kaum.

9^h 10 wird der Topf in das Zimmer für konstante Temperatur übertragen und vor das etwas hoch angebrachte N-Fenster (1·9 *m* breit, 68 *cm* hoch) gestellt, wo 14° C. herrschten.

10^h 40: 14° C. Infloreszenzen unverändert.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

14. VI. 4^h 30 p. m.: 14° C. Ein voller Schluß ist allem Anschein nach nur von den jüngsten Infloreszenzen erreicht worden, bei etwa der Hälfte derselben kam es nur bis zur *Pulsatilla*-Form. Die mit Bastbändern signierten, alten Infloreszenzen (mit einer, zwei und drei Ligaturen) sind von schmaler Körbchenform, eine sehr eng tubulös.

15. VI. 9^h 20: 14° C. Eine geringe Öffnungsbewegung hat sich zweifellos vollzogen, die Infloreszenzen erscheinen schmal körbchenförmig.

4^h 30 p. m.: 14° C. Infloreszenzen *pulsatilla*-artig bis geschlossen. Mit Beachtung der jüngeren, gut reaktionsfähigen Infloreszenz ist es sicher, daß sich bei der konstanten Temperatur von 14° C. und der geringen Intensität des diffusen Lichtes im Raum eine bescheidene Öffnungs- und darauf folgende Schlußbewegung vollzogen hat.

Man könnte versucht sein, diese Bewegungen allenfalls als Ausdruck eines Stimmungswechsels anzusehen, bewirkt durch die Gewöhnung an die tiefe Temperatur, der die Pflanze vielfach, besonders aber seit 11. VI. 11^h 35 bis 13. VI. 3^h 50 bei 13° C., dann nach kurzer Unterbrechung, vom 14. VI. 9^h 10 an bei 14° C., ausgesetzt war. Berechtigter dürfte es aber sein, diese Bewegungen als autonome aufzufassen, wie uns solche bei Konstanz der Temperatur und Dunkelheit noch ein späterer Versuch erkennen lassen wird.

16. VI. 9^h 20: 14° C. Infloreszenzen schmal körbchenartig, drei jüngere von *Pulsatilla*-Form. Es hat also eine geringe Öffnungsbewegung stattgefunden.

11^h 40 Temperatur und Infloreszenzen unverändert.

4^h 15 p. m.: 14° C. Die Mehrzahl der Infloreszenzen sehr schmal *pulsatilla*-artig oder ganz geschlossen.

Die Pflanze wird aus der Höhe auf eine untere Stufe des Gestelles gesetzt, wo die Temperatur nur 13·2° C. betrug.

17 VI. Keine Beobachtungen. Ein trüber, mehr rauher Tag.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

18. VI.		Es regnete, nachts war im Gebirge Schnee gefallen, im Freien wurden 2° C. abgelesen.
	11^h 15: 13° C.	Die Infloreszenzen größtenteils schmal körbchenartig offen, eine schon im Übergang zu breiterem Körbchen, ein Paar *pulsatilla*-artig. Öffnungsbewegung zweifellos ausgeführt, für 13° C. zum Teil auffallend weit, so daß der Gedanke an eine Stimmungsänderung, d. h. teilweise Anpassung an die tiefe Temperatur wieder Platz greift.
	3^h 58 p. m.: 13° C.	Alle erkennbaren alten Inflorenszenzen entfernt. Die übrig gebliebenen waren schmal körbchenartig offen oder geschlossen. Die Pflanze wird in einen der Dunkelschränke des gleichen Raumes eingestellt.
19. VI.	9^h 10: 12·8° C.	Änderung an den Infloreszenzen nicht wahrnehmbar.
	4^h 08 p. m.: 12·8° C.	Änderung an den Infloreszenzen nicht wahrnehmbar.
20. VI.	10^h 20: 12·5° C.	An den Infloreszenzen keine Änderung. Die Pflanze kam darauf in das N-Gewächshaus, wo 14° C. abzulesen waren. (Es begann Ausheiterung, doch gab es noch wenig Sonne.)
	12^h: 16·2° C.	Die meisten Infloreszenzen im Übergang zur breiten Körbchenform, einige von schmaler.
	4^h p. m.: 16·6° C.	Die Infloreszenzen breit körbchenartig, jüngere und einige ältere schmal körbchenartig, die jüngsten im Übergang von der *Pulsatilla*-Form zum schmalen Körbchen.
	6^h 07: 15·6° C.	Schlußbewegung deutlich. Infloreszenzen zumeist schmal körbchenartig, eine von enger *Pulsatilla*-Form, zwei geschlossen.

Bemerkenswert erscheint an diesem Tage der späte Beginn der Öffnungsbewegung, die ihre maximale Amplitude erst 4^h p. m. erreichte. Der Zusammenfall mit den Temperaturverhältnissen tritt klar zutage.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Kultur VI wurde durch zwei weitere Tage verfolgt. Die Erscheinungen am 21. Juni waren aber so abnormale, daß ich gezwungen bin, sie auf einen böswilligen Eingriff von unberufener Seite zurückzuführen. Speziell am 22. VI. machten mehrere Infloreszenzstiele den Eindruck, als ob sie gequetscht worden wären. Da mir gleichzeitig ein andersartiger Versuch im Garten von Bubenhänden vernichtet worden war, mußte ich in dieser Auffassung bestärkt werden.

Wenn man zusammenfassend die Ergebnisse der Kultur VI überblickt, so folgt daraus:

1. Ausgeprägt der Zusammenhang der Bewegungen mit den Temperaturverhältnissen.
   a) Es konnte die Öffnungsbewegung in den verschiedensten Stunden des Tages erzielt werden. So um 9^h a. m. den 8. VI. mittels der Rubinlampe im Dunkelzimmer, am 13. VI. durch Übertragen in die warme Kiste nachmittags, wobei die maximale Öffnung abends 6^h 30 erreicht wurde, während sie am 20. VI. bei natürlichem Temperaturgang im N-Haus um 4^h p. m. eintrat. Daß die Nachtstunden davon nicht ausgeschlossen sind, wird noch ein späterer Versuch erweisen; im gleichen Sinne spricht ja aber auch schon der im vorausgehenden Abschnitte p. 27 mitgeteilte.
   b) Das gleiche gilt natürlich betreffs der Schlußbewegung. Es sei z. B. auf den frühen Schluß, der am 5. VI. schon 11^h 30 a. m. erfolgte, hingewiesen, dem eine minime Öffnung bei 16° C. vorausgegangen war.
   c) Durch tiefe Temperaturen konnten die Bewegungen völlig unterdrückt werden. So durch 12·8° C. am 19. VI. und am 20. VI. bis zur Übertragung in einen anders temperierten Raum. Ebenso blieben die Infloreszenzen geschlossen am 7 und 8. VI. bei 13·8° C. und desgleichen bei 13° C. vom 11. VI. nachmittags, den 12. VI. über bis zum 13. VI. 3^h 50 nachmittags. Es ist sicher, daß bei Beibehalt der gleichen niederen Temperatur der geschlossene Zustand durch Tage hätte erhalten werden können.[1]
   d) Wenigstens ist es wahrscheinlich, daß durch konstante hohe Temperaturen auch tagelang das Offenbleiben der Blütenkörbchen erzielbar ist. Den Hinweis darauf gibt das Verhalten in der warmen Kiste am 13. VI. nachts, noch mehr der ebenfalls dort durchgeführte schon p. 26 geschilderte Versuch.

[1] Es könnte vorkommen, daß die Infloreszenz ihren Entwicklungszyklus beschließt, ohne jemals sich geöffnet zu haben, wie Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II, p. 495) dies auch für *Crocus* hervorhebt. (Thermokleistogamie nach Hansgirg.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

2. Es spricht manches dafür, daß längere Einwirkung nicht gar zu tiefer Temperatur allmählich eine Stimmungsänderung in dem Sinne hervorruft, daß Temperaturen, die vorher die Bewegungen sistierten, späterhin infolge Anpassung solche in bescheidenem Maße noch zulassen. Während vorausgehend bei 13° C., auch 13·8° C., Bewegungslosigkeit herrschte, kam am 18. VI. bei 13° C. eine verhältnismäßig weite Öffnungsbewegung vor.[1] Auch das Verhalten im N-Haus am 20. VI. kann, obschon daselbst 16·6° C. erreicht wurden, mit Rücksicht auf die Weite der Öffnung, im gleichen Sinne gedeutet werden.
3. Die am 15. und 16. VI. bei geringer Lichtintensität und konstanter Temperatur von 14° C. beobachteten, mit geringer Amplitude vollführten Öffnungs- und Schließbewegungen sprechen dafür, daß sich in ihnen autonome Bewegungen kundgaben.

Bemerkenswertes aus der Kultur IV, aufgestellt in der warmen Kiste.

An warmen Tagen war das verspätet und sehr langsam eintretende Schließen auffallend, so daß zwischen 6^h 15 bis 6^h 30 abends die Infloreszenzen noch breit körbchenartig offen standen. Die Temperaturen wurden zu der Zeit zwischen 22·3° C. und 24·5° C. befunden.

An diesem Standorte kam ferner häufiger die maximale Öffnung, wie sie Fig. 3 *g* zeigt, vor, die sonst nur an der Sonne, an dem S-Fenster exponierten Infloreszenzen beobachtet wurde. Von der Sonne wurde zwar das genannte Sattelhaus auch getroffen, doch war ihre Wirkung durch Schattendecken gedämpft und konnte diese maximale Öffnung zu recht verschiedener Tageszeit beobachtet werden. Z. B. am 11. VI. um 9^h 55, am 3. VI. um 12^h 10, am 6. und 8. VI. um 3^h 50 p. m. Die zur der Zeit abgelesene Temperatur schwankte zwischen 28 bis 30° C.

Etwas Interesse verdienen die am 5. und 6. VI. gemachten Beobachtungen, weshalb ich hier den Tagebuchauszug einschalte:

5. VI. 9^h 25: 18·5° C. Infloreszenzen breit körbchenartig.
11^h 45: 21·3° C. weit offen, fast flach; eine neu hinzugekommene zurückstehend, einseitig weiter offen, weil offenbar von der Sonne gestreift.

---

[1] Es ist dabei aber wahrscheinlich Bedingung, daß die durch die tiefe Temperatur bewirkte Kältestarre vorerst einmal durch eine höhere Temperatur überwunden werden muß. Tatsächlich war die betreffende Pflanze am 13. VI. in die warme Kiste gebracht worden, wo bei 23·2° C. das Öffnen erfolgte.

VI. 4^h 20 p. m.: 21·5° C. Infloreszenzen in Gestalt stark eingeengter Körbchen.

6. VI. 7^h 50 (Temperaturangabe fehlt). Infloreszenzen breit körbchenartig, drei neu aufgehende.

3^h 50 p. m.: 28° C. Drei Infloreszenzen mit maximaler Öffnungsweite, fünf neue, diese schmal bis breit körbchenartig.

Was den 5. VI. betrifft, so fallen die relativ geringen Temperaturdifferenzen, welche die Angaben für diesen Tag bringen, auf und scheint es mir, daß unter solchen Umständen auch die autonomen Bewegungen zum Ausdruck kommen. Hervorzuheben wäre, daß für den 4. VI. nachmittags 4^h 15 das Tagebuch besagt: 18·2° C. Himmel trübe, Regen. Eine Infloreszenz locker geschlossen, drei sehr eingeengte, lange Körbchen.«

Am Nachmittag war also bei 18·2° C. ein vorgeschrittener Schluß vorhanden, am 5. VI. früh bei 18·5° C. breit körbchenartige Öffnung. Da zweifellos eine nächtliche weitere Temperatursenkung vorhanden war, wird die Öffnungsbewegung wohl durch die Summation einer morgens einsetzenden Temperatursteigerung mit einer autonomen Schwingung zu stande gekommen sein. Die nachmittags 4^h 25 bei 21·5° C. vorhandene Schlußbewegung hingegen scheint wesentlich autonomer Natur zu sein.

Die Angaben vom 6. VI. bringen den Nachweis, daß erste Öffnung von Infloreszenzen nicht nur am Morgen, sondern auch untertags erfolgen kann, auch belegen sie die Tatsache, daß die jüngeren Infloreszenzen die Bewegungen mit geringerer Amplitude beginnen.

Über den Einfluß konstanter Belichtung und konstanter Dunkelheit auf die Bewegungen.

Schon an früheren Stellen (vgl. die p. 13 und folgend mitgeteilten Versuch) wurde darauf hingewiesen, daß dauernde Belichtung einen hemmenden Einfluß auf die Öffnungsbewegung von *D. pluvialis* ausübt. In den betreffenden Versuchen war aber die Periode dauernder Belichtung zu kurz, weshalb eine Ergänzung in der Hinsicht wünschenswert schien, in gleicher Weise aber auch eine Prüfung des Verhaltens bei andauernder Dunkelheit.

Die Frage über die Wirkung des Lichtes war mit Rücksicht auf die von Stoppel für *Calendula* angenommene doppelte Wirkung des Lichtes, die schon p. 18 erwähnt wurde, von beträchtlichem Interesse.

Aus dem vorangehend Mitgeteilten ist wohl deutlich genug ersichtlich, daß bei *D. pluvialis* für das Zustandekommen der Schlafbewegungen das Licht sozusagen wirkungslos ist.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Damit ist aber noch nicht eine völlige Einflußlosigkeit des Faktors Licht auf die Infloreszenzen von *D. pluvialis* erwiesen und behauptet und in der Tat gibt sich eine solche bei Dauerbelichtung kund, und zwar als eine Hemmung für die Bewegungen, die aber durch energischere (stärkere) Temperaturreize stets überwindbar ist. Sicher scheint ein solcher Einfluß auf die Öffnungsbewegung vorzuliegen, etwas fraglicher erscheint er mir noch bezüglich der Schließbewegung, obgleich mir auch hierfür das Experiment Hinweise ergeben zu haben scheint (vgl. p. 14 und folgend p. 40). Dauerlicht wäre bei *Dimorphotheca* also allgemein von Bewegung hemmender Wirkung, demnach nur teilweise in Parallele zu stellen zu seiner Wirkung auf *Calendula*. Das soll am folgend mitgeteilten Versuch erläutert werden.

Für denselben verwendete ich eine Pflanze aus einer Kulturreihe, die erst im Juli angesetzt worden war und bei der die Pflanzen schließlich einzeln in Töpfen aufgezogen wurden. Diese späte Anzucht lieferte Pflanzen von vegetativ luxurierendem Wachstum, während die Blütenbildung zurückstand, bei einzelnen über die Anlage der Infloreszenzen nicht herauskam.[1] Einige Exemplare brachten es aber im Erdbett unter Glas doch zu einer auslangenden Zahl blühender Infloreszenzen.

Eine Riesenpflanze, mit ihren Auszweigungen in der Horizontalen bis 1 *m* Durchmesser erreichend, wurde am 17 Oktober um 4^h 15 nachmittags der Erdkiste entnommen. Ihre Infloreszenzen waren in der Sonne breit körbchenartig offen. Um 4^h 15 wurde die Pflanze im Dunkelzimmer des Institutes, bei einer Temperatur von 15° C. aufgestellt und die ober ihr befindliche 200-Kerzen-Birne in Tätigkeit gesetzt. Die drei vorhandenen offenen Infloreszenzen befanden sich: eine im Zentrum etwa $^1/_2$ *m* von der Lichtquelle entfernt, zwei nahe nebeneinander peripher, ungefähr 1 *m* von der Birne.

Am 18. früh waren die Infloreszenzen geschlossen, doch nicht vollkommen, man konnte von oben noch auf die Scheibenblüten

---

[1] Eine Pflanze, die Infloreszenzen angelegt hatte, wurde weiterhin in meinem sehr hellen Arbeitszimmer bei normalen Temperaturverhältnissen bis über Mitte Dezember gehalten; eine Weiterentwicklung der Infloreszenzen fand aber nicht statt. Aufzucht zu Versuchen tauglicher Pflanzen in der Winterperiode scheint ausgeschlossen, was ein Hemmnis bedeutet. Das Licht- und Temperaturbedürfnis ist offenbar ein hohes. (Vgl. Sachs, Ges. Abh., Abt. II, »Über Lichtwirkungen an Pflanzen«).

Das steht in bemerkenswerter Übereinstimmung mit Ergebnissen, über die Gurner, W. H. and Allard, H. A. im Journ. Agricult. Res. Washington, XVIII, 1920, veröffentlichten. Ich habe darüber nur ein Referat eingesehen. Sie konnten feststellen, daß die relative Länge des Tages für das Wachstum, insbesondere für die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane von ausschlaggebender Bedeutung ist. Bei Fortfall der günstigen Tageslänge kommt es zu einer mehr vegetativen Entwicklung der Pflanze, die zum Gigantismus führen kann. Hingegen bewirkt angemessene Tageslänge frühzeitiges Blühen und Fruchten.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sehen. Der Schluß war erklärlich, da die Temperatur im Dunkelzimmer, gegenüber dem besonnten Erdkasten, aus dem sie kamen, jedenfalls beträchtlich tiefer war.[1]

In den folgenden Tagen herrschten im Dunkelzimmer beträchtlichere, aber immerhin nicht zu große Temperaturschwankungen. Neben der peripheren Infloreszenz war ein Minimum-Maximum-Thermometer aufgestellt.

Die Schwankungen betrugen:

für den	17	und	18. X.	14·7° bis	16° C.;
	19.		20. X.	15·7°	19·5° C.;[2]
	21.	bis	23. X.	16 8°	18° C.

Auffällig war, daß alle Infloreszenzen mit großer Konstanz ihren unvollkommenen Schluß vom 18. X. früh beizubehalten strebten. In Betracht kam hierbei besonders die zentrale Infloreszenz, während die beiden seitlichen auf ihre Reaktionsfähigkeit durch die Zwischenstellung einer Rubinlampe am 18. X. 3^h 32 p. m. und dann wieder am 20. X. 11^h 12 a. m. geprüft wurden. Die Reaktionsfähigkeit war durch die darauf folgende Öffnung der Blüten erwiesen, wobei nur betont sei, daß dies wieder ohne Zwischenschaltung einer Dunkelperiode erfolgte.

Am 23. X. hat sich diese Reaktionsfähigkeit auch für die zentrale Infloreszenz erwiesen, für die der Rubinlampenversuch wegen zu großer Entfernung der Lampe als Wärmequelle nicht in Betracht kam. Sie hatte früh 8^h 20 noch die *Pulsatilla*-Form bei 17° C. Um 11^h aber war sie breit körbchenartig offen, denn die Temperatur im Raume war wegen der Heizung des Institutes auf 21° C. gestiegen.

Schon dieses Verhalten, das Beibehalten des ± geschlossenen Zustandes bei Temperaturen bis 18° C., die immerhin eine Öffnungsbewegung hätten bewirken sollen, ließ auf einen hemmend dagegen wirkenden Einfluß des Lichtes schließen, der höhere Temperatursteigerung zur Überwindung benötigte.

Beweisender aber waren die Ergebnisse in den folgenden Tagen, wo bei sehr schönem, mildem Wetter die Temperaturschwankungen im Maximum 1° C. erreichten. Das war in den Tagen vom 24. bis 26. Oktober der Fall. Gegenstand der Beobachtung war die schon früher erwähnte zentrale Infloreszenz und eine zweite neben ihr später aufgegangene (weitere wurden entfernt).

---

[1] Es sei besonders hervorgehoben, daß das Schließen ohne Einschaltung einer Dunkelperiode erfolgte.

[2] Die Temperaturerhöhung war von kurzer Dauer, Folge eines ersten Heizversuches im Institute, der rasch abgebrochen wurde.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Beide Infloreszenzen waren am 24. X. früh *pulsatilla*-artig geschlossen und blieben so unverändert bis 26. X. 4^h 10 nachmittags. Das nächtliche Minimum zum 24. X. betrug 17·2° C.; die Temperatur stieg bis 8^h 30 auf 17·8° C., blieb konstant am 25. X., war aber am 26. X. um 8^h 30 auf 18° C. gestiegen und wies 4^h 10 p. m. sogar 18·8° C.

Daraus ergibt sich aber: daß bei konstanter Temperatur (von der gegebenen Höhe) und konstanter Beleuchtung keine Schwingungen stattfanden. Da die Temperatur von 17 bis 18° C. zum Vollzug der Öffnungsbewegungen sonst schon ausreicht, dürfen wir darin die Wirkung eines hemmenden Einflusses des Lichtes erblicken, die zu ihrer Behebung stärkerer Temperaturen bedarf. Ein folgender Versuch wird zeigen, daß bei konstanter Temperatur und Dunkelheit autonome Schwingungen vorkommen. Im Unterdrücken dieser kommt bei dem geschilderten Versuch eben wieder der hemmende Lichteinfluß zum Ausdruck. Die Behebbarkeit der Lichthemmung durch beträchtlichere Wärmezufuhr, erweist aber der folgende Versuch mit den beiden Infloreszenzen, die vom 24. X. früh bis 26. X. nachmittags permanent in der *Pulsatilla*-Form verblieben waren.

Sie wurden abgeschnitten und in Gläser gestellt, zwischen sie die Rubinlampe gebracht und hinter diese ein Thermometer.

4^h 13 Die Lampe angezündet.

4^h 23. 30° C. Reaktion sicher vorhanden.

4^h 26 Die ältere Infloreszenz schön in schmaler Körbchenform, die jüngere noch zurückstehend.

4^h 30: 32·5° C.

5^h 07: 35° C. Die ältere Infloreszenz ein etwas unregelmäßiges, breites Körbchen, die jüngere mehr schmal körbchenartig.

Darauf wurden bei einer Zimmertemperatur von 18·8° C. sowohl die Rubinlampe als auch die 200-Kerzen-Birne abgedreht.

27 X. 8^h 30 a. m.: 17·5° C. Beide Infloreszenzen breit körbchenartig offen, weiter als es am Vortag 5^h 07 p. m. der Fall war. Allem Anschein nach wurde nachts kein Schluß vollzogen, obschon, abgesehen von der Dunkelheit, der starke Temperaturfall von 35° C. zu

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

17·5° C. vorhanden war. Sollte darin auch noch eine Nachwirkung der vorangegangenen, längeren konstanten Beleuchtung sich äußern?[1]

27. X. 10^h 30 bei 14° C. werden die beiden Infloreszenzen bei Tageslicht im Zimmer für konstante Temperatur aufgestellt.

12^h Schlußbewegung erkennbar, Infloreszenzen stärker eingeengte Körbchen.

4^h 03 p. m.: 13·5° C. Wesentlich unverändert, *Pulsatilla*-Form nicht erreicht.

28. X. Keine Beobachtung.

29. X. Infloreszenzen soweit offen als 27. X. 4^h 03 p. m. Sie machen den Eindruck, als ob sie die Reaktionsfähigkeit verloren, d. h. ausgelebt hätten. Der Sonne ausgesetzt hat die jüngere darauf noch reagiert.

Der gleiche Stock von *Dimorphotheca*, der vorangehend eine dauernde Lichtexposition durchgemacht hatte, wurde vom 26. X. 5^h 07 p. m. an bis 30. X. in konstanter Dunkelheit belassen. Erfreulicherweise war in den Versuchstagen die Temperatur sozusagen konstant 17° C., nur ein nächtliches Minimum von 16·8° C. kam als minimale Abweichung vor.

27 und 28. X. fielen die Beobachtungen leider aus.

29. X. 8^h 30 Die zwei vorhandenen Infloreszenzen schmal körbchenartig offen.

3^h 50 p. m. Die Infloreszenzen ziemlich enge geschlossen, doch kann man von oben auf die Scheibenblüten sehen. Die Infloreszenzenstiele etwas etioliert.

30. X. 8^h 25 Eine der beiden Infloreszenzen ist sicher, die zweite weniger deutlich, schmal körbchenartig offen.

Es haben sich also bei konstanter Temperatur und Dunkelheit rhythmische Öffnungs- und Schließbewegungen — wenn auch mit geringer Amplitude, vollzogen, die wir im Sinne Pfeffer's als autonome bezeichnen

[1] Es ist dies sehr wahrscheinlich, weil Stoppel den starken und nachhaltigen Einfluß dauernder Belichtung auch hervorhebt und p. 406 sagt, daß auch die Schließbewegung nach Verdunkelung durch eine lange, vorangegangene Lichtperiode verzögert und fast unterdrückt werden kann.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

müssen.[1] Wie wir sahen, kommen sie bei annähernd gleicher konstanter Temperatur und konstanter Beleuchtung durch die 200-Kerzen-Lampe nicht zur Geltung, offenbar ob der hemmenden Wirkung des Lichtes. Hingegen verrieten sich solche autonome Bewegungen auch bei schwachem diffusem Tageslicht und konstanter Temperatur von 14° C., wie p. 33, 34 schon erwähnt wurde. Die hemmende Wirkung des Lichtes wird wohl mit steigender Intensität zunehmen, worüber besondere Versuche wünschenswert erscheinen.

Andrerseits vermute ich, daß bei konstanter höherer Temperatur (mindestens 28° C.) und Dunkelheit die autonomen Bewegungen nicht zum Ausdruck kommen und durch die Temperatur verhindert sein würden, die Infloreszenzen also dauernd offen blieben. Das gleiche wird bei gleichbleibender hoher Temperatur und konstanter Beleuchtung niederer oder höherer Intensität der Fall sein; zur Geltung kommenden Einfluß wird dann nur die Temperatur haben. Das sind fernerhin experimentell zu erweisende Fragen, wenn der Forschung reichere Mittel wieder mehr Bewegungsfreiheit gewähren, bessere Tage für deutsche Forscher anbrechen.

Wechsel der Perioden durch Temperaturänderung, Öffnung der Infloreszenzen nachts, Schluß untertags erfolgend.

In etwas primitiver Weise wurde ein das eben angedeutete Ziel anstrebender Versuch unter Verwendung einer abgeschnittenen Infloreszenz am 5. bis 7 November durchgeführt.

Am 5. XI. früh 6^h 15 wurde die bei Zimmertemperatur körbchenartig offene Infloreszenz abgeschnitten und in das S-Versuchsgewächshaus übertragen, wo sie sich bei 9° C. bis 9^h 30 bei Tageslicht ganz schloß.[2] In diesem Zustande verblieb sie am gleichen Orte bis 4^h 30 p. m. Darauf kam sie in eines der Versuchszimmer unter einem mächtigen Dunkelsturz (Dm. 75 *cm*, H. 73 *cm*), unter dem aber, gedeckt durch einen Blechrezipienten, auch die in Tätigkeit gesetzte Rubinlampe Platz fand. Dadurch mußte die Wärme unter dem Dunkelsturz beträchtlich über die des Zimmers gehoben werden.

5. XI.	6^h abends	waren Anzeichen einer Öffnungsbewegung bei 22° C. erkennbar.
	9^h 15	waren sie beträchtlich verstärkt; 24° C.
6. XI.	6^h 05	Infloreszenzen im Übergang zur flachen Ausbreitung bei 29·5° C. Die Öffnung ist also nachts, bei Dunkelheit erfolgt. Die Infloreszenz wurde nun wieder in das S-Versuchshaus übertragen.

[1] Auch Stoppel hat bei *Calendula* in konstanter Temperatur und Dunkelheit Schwingungen beobachtet und spricht sie als autonome an. Vgl. a. a. O. p. 400.

[2] Schluß ohne Einschaltung einer Dunkelperiode erfolgt.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

6. XI.	10^h	war sie noch unverändert offen; darauf in das N-Versuchshaus gestellt, wo die Temperatur noch etwas tiefer, nur 8° C., betrug.
	2^h 15 p. m.	fast vollends geschlossen.
	5^h	wieder wie am Vortag ins Versuchszimmer unter einem Dunkelsturz gestellt, aber von kleineren Dimensionen (Dm. 29 *cm*, H. 60 *cm*), um den Temperaturanstieg zu beschleunigen.
	6^h 40	Infloreszenz bei 42° C. vollständig entfaltet. Der kleinere Rezipient wird durch den großen ersetzt, weil ein weiterer zu gewärtigender Temperaturanstieg wohl schädigend gewirkt hätte.
	8^h 50	Öffnung wie vorher, 24° C.
XI.	6^h 15	Öffnung wie vorher, 24° C. Die Infloreszenz wieder ans Tageslicht in das N-Haus gestellt.
	10^h	noch immer offen, wie 6^h 15.
	2^h p. m.	korbartig, Schlußbewegung erfolgt, 9·5° C.

Das angestrebte Ziel, Umkehr der Perioden, wurde also erreicht. Zweifellos könnte aber der Versuch durch rechtzeitig erfolgende Temperaturänderungen eleganter gestaltet, mehr einem 12 12stündigen Rhythmus angenähert werden. Es ließe sich die Schließbewegung schon am frühen Morgen erzielen. Im Versuch war der Schluß am 5. XI. erst um 9^h 30 vormittags erreicht, am 6. XI. um 2^h 15 p. m. noch nicht ganz erzielt und am 7 XI. um 2^h nachmittags noch unvollkommen vorhanden.

Es ist möglich, daß dabei außer dem zu spät angesetzten Temperaturabfall auch der zu große Sprung nach unten (es wurde die eben vorhandene tiefe Temperatur ausgenützt), beteiligt ist. Doch ist hier gerade noch darauf hinzuweisen, daß die Schlußbewegung noch bei sehr tiefen Temperaturen erfolgen kann, im letzten Versuch gar bei 9 und 8° C., während Öffnungsbewegungen erst bei 14° C., und zwar nur minimale, bemerkbar werden.

Von einem 12 12stündigen Rhythmus ist in dem Versuche noch keine Spur. Am Tage des Beginnes war offenbar die Öffnungsperiode sehr kurz, kann etwa mit 3 Stunden angenommen werden. Es folgen dann, annähernd erschließbar: eine Schlußperiode von $8^1/_2$ Stunden, eine Öffnungsperiode von 14 Stunden, eine Schließperiode von 7 bis 8 Stunden, eine Öffnungsperiode von 16 Stunden. Immerhin glaube ich, daß ein regelmäßiger Rhythmus 12 12 erreichbar wäre und desgleichen eine Verlängerung der Perioden auf etwa 18 18 oder 24 24. Schwieriger dürfte das Erzwingen eines kürzeren Rhythmus sich gestalten. Daß man, wie es Pfeffer mit

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Crocus gelang, achtmal in einem Tage Öffnen und Schließen erzielen könnte, davon ist bei *D. pluvialis* keine Rede. Wohl aber kann (was mit anderen Kompositen nach Pfeffer nicht gelingt) bei ihr, wie gezeigt wurde, nach dem nachmittägigen Schluß, durch einen starken Temperaturreiz, ein zweites Öffnen erzielt werden. Im allgemeinen erfolgen aber die Übergänge aus der vollen Schlußbewegung einerseits und aus der vollen Öffnungsamplitude andrerseits schwer, was auch Pfeffer mehrfach festgestellt hat und ihn zur Annahme einer notwendigen oder doch angestrebten Ruhezeit in den Wendepunkten geführt hat. Für den geschlossenen Zustand habe ich hinlänglich bestätigende Erfahrung, für den voll offenen reichen meine eigenen Beobachtungen vielleicht nicht aus. In dem zuletzt angeführten Versuch ist wohl ein auf die Notwendigkeit einer Ruhezeit hinweisendes Verhalten gegeben.

Die am 6. XI. nach kurzer Schlußperiode durch starken Temperaturreiz (42° C.) um 6^h 40 voll entfaltete Infloreszenz bleibt bei dem 8^h 50 abends vorhandenen Temperaturabfall auf 24° C., der sich bis 6^h 15 früh nächsten Tages erstreckt, offen und so auch bis 10^h vormittags, obwohl sie um 6^h 15 einem weiteren Temperaturabfall auf ungefähr 9° C. ausgesetzt war. Erst später setzte die Schlußbewegung ein. Hier lagen allerdings etwas extreme Verhältnisse vor. Einen zweiten Fall, in dem keine so krassen Temperatursprünge vorhanden waren, entnehme ich noch meinen Versuchsprotokollen. Am 27. VII. 1923, 10^h 25 a. m., entnahm ich bei 25·5° C. dem Freilande eine flach offene Infloreszenz, die 10^h 32 bei 22° C. in einem nordseitigen Institutsraume, vor dem geschlossenen Fenster, aufgestellt wurde.

11^h war keine Schlußbewegung erkennbar. Sie wurde nun in einem Dunkelschrank im Zimmer für konstante Temperatur eingestellt, wo 16° C. herrschten. 11^h 50 war es zweifelhaft, ob ein erstes Anzeichen einer Schlußbewegung merkbar sei. 4^h 20 p. m. war *Pulsatilla*-Form, also weitgehender Schluß vorhanden. Immerhin verstrich bis zur Einleitung der Umkehr gewiß über eine Stunde.

Andrerseits haben wir bei der Einleitung des letztbeschriebenen Versuches einen scheinbar entgegengesetzten Fall. Die um 6^h 15 früh bei Zimmertemperatur abgeschnittene, körbchenartig offene Infloreszenz hat sich bis 9^h in der tieferen Temperatur des S-Versuchshauses geschlossen, hat also verhältnismäßig rasch reagiert. Allein hier war die Öffnungsbewegung von der Amplitude[1]

[1] Die Amplitude der Öffnungsbewegung ist keine fixe, sondern ihr Maß wesentlich von der Temperatur abhängig. Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II, p. 476) sagt das ungefähr mit den Worten, für jede konstante diffuse Konstellation gibt es eine bestimmte Gleichgewichtslage. Immerhin ist die Feststellung mit welchem Zeitpunkte und in welcher Lage der Strahlblüten die Amplitude erreicht ist, etwas unsicher. Erstens haben wir meist nicht Temperaturkonstanz, zweitens kommen, selbst wenn diese vorhanden, doch auch die Schwankungen in Betracht, die sich nach der Individualität der Pflanze, ihrer Kräftigkeit, nach dem Alter der Blüte oder Infloreszenz ergeben.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

noch weit entfernt, erst kürzere Zeit, etwa seit 4^h morgens, im Gange und konnte durch einen starken Temperaturreiz rückreguliert werden. Die Auffassung, die Stoppel in ihrer Studie über *Calendula* äußert, indem sie p. 433 sagt: »Hat die Blume ihre maximale Öffnung erreicht oder ist sie geschlossen, dann sind für den aitiogenen Reiz die günstigsten Bedingungen geschaffen.« Das klingt recht verständlich und Stoppel fügt bei, daß ihre Versuchsergebnisse dem nicht widersprechen. Allgemeine Gültigkeit kommt aber dem Ausspruche nicht zu. Bei Pfeffer finden sich mehrfach Angaben, die damit nicht in Einklang zu bringen sind. Ich verweise nur auf p. 27 und folgend angeführten Zitate und meine voranstehenden Ausführungen über die Hemmung der Umkehr der Schwingungen in den Wendepunkten. Meinen Beobachtungen nach ist die größte Empfänglichkeit für Temperaturreize bei *D. pluvialis* innerhalb der Periode von einem Wendepunkt zum andern vorhanden. Besonders bei der Öffnungsbewegung trat das hervor, und zwar nicht nur für Reize, die im Sinne der in Gang befindlichen Bewegung wirkten, sondern auch für solche, die eine Umkehr bedingten. So ist es mir zunächst aufgefallen, daß weiter offene, dem Freiland entnommene Infloreszenzen auf dem Wege nach dem Institut, beim Passieren der Strecke im Schatten der Gewächshäuser, eine Einengung der Öffnungsweite aufwiesen oder sie, kaum in die kühleren Institutsräume gebracht, zeigten.

Weniger leicht scheint mir die Umkehr der Bewegung in der zum Schlusse führenden Periode, nachmittags, erzielbar. Dabei ist wohl wahrscheinlich, sowohl bei der Öffnungs- als bei der Schlußbewegung, die Phase, in welcher der Reizangriff erfolgt, als auch die Intensität des Reizes maßgebend.[1] Ich will einen hierher gehörigen Versuch unter Benützung des Protokolls vorführen: Eine am 27. VII. 1923 vormittags dem Freiland entnommene Infloreszenz wurde im Institut an einem S-Fenster aufgestellt. Am 28. VII. 9^h 30 war sie flach ausgebreitet. Nun in einen nach N gelegenen Raum übertragen, mit 20° C., war 10^h eine geringe Schlußbewegung kaum zu bezweifeln, 11^h sehr deutlich; die Infloreszenz war nun breit körbchenartig. Darauf wurde sie wieder an das S-Fenster, aber hinter den dunklen, grauen Vorhang gestellt.

Die maximale Öffnungsweite, welche für *D. pluvialis* Fig. 3 *g* wiedergibt, tritt im Freilande, wo der Temperaturausgleich im Luftraum rascher vor sich geht, seltener auf; hier kommt es meist nur bis zur flachen Ausbreitung. Hingegen trat eine dem Bilde *g* ⊣ entsprechende Öffnung an den besonnten, hinter dem geschlossenen Fenster stehenden Infloreszenzen, häufig ein.

[1] Pfeffer (Untersuchungen über das Öffnen etc., p. 186) weist darauf hin, daß das durch den Reiz angeregte geförderte Wachstum langsam beginnt und dann schnell an Geschwindigkeit zunimmt. Auch Stoppel weist, p. 409 auf die Bedeutung der Phase hin. »Es kommt also für den Erfolg eines Übergangsreizes nicht darauf an, ob die begonnene Bewegung, bei der die Blume vom Reiz getroffen wird, autonom oder aitiogen ist, sondern nur auf die augenblickliche Phase der Bewegung.«

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

11^h 28, bei 23° C., war wieder Öffnungsbewegung vorhanden und 11^h 40 die flache Ausbreitung erreicht.

Am gleichen Standorte, die Sonne war lange weg, bei 21·4° C. war 4^h 20 der Übergang von der schmalen Körbchen- zur *Pulsatilla*-Form festgestellt. Mit der Absicht, womöglich die Schlußbewegung umzukehren oder doch einzustellen, wurde sie um 5^h 15 der Westsonne am offenen Fenster ausgesetzt. Die Temperatur wurde bald mit 32° C., 5^h 25 mit 37° C., abgelesen. 6^h 08. Eine Öffnungsbewegung ist nicht eingetreten (sicher war sie höchstens minimal), wohl aber ist die Schlußbewegung nicht vorgeschritten. Auch 6^h 55 war es so. 29. VII. 8^h 30 a. m., 21·5° C. Die Infloreszenz breit körbchenartig.

Eine Umkehr der Bewegung wurde somit nachmittags nicht erzielt, nur ein Fortschreiten des Schließens verhindert. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß ein früheres Zuführen einer entsprechenden Temperaturerhöhung auch Umkehr erreicht hätte, denn die Phase des Schließens war bereits weit vorgeschritten als die Zufuhr des Temperaturreizes erfolgte.

Eine Frage, die meiner Ansicht nach weiterer Prüfung bedarf, ist die, ob die hemmende Wirkung des Lichtes, die mir für Dauerlicht wenigstens sichergestellt erscheint, nicht etwa auch in der auf nachmittägigem oder abendlichem Schluß so schwierig zu erzwingenden Öffnungsbewegung zum Ausdruck kommt? Ob also nicht auch eine Summation des Lichtes in einer Tagesperiode genügt, bewegungshemmend zu wirken? Daß sich dabei ein Schwanken der Wirkung nach der Tageshelle oder der Intensität des Lichtes im Versuchsraum zu erkennen geben müßte, ist klar.

Es wäre vergleichend zu prüfen, ob an einem düsteren Tage, jedoch mit einer Temperatur, welche das Öffnen noch gestattet hat, der abendliche Schluß, durch künstliche Temperaturzufuhr leichter überwindbar ist als an einem warmen, sonnigen Tag. Entsprechende Versuche mit künstlicher Beleuchtung von verschiedener Intensität hätten damit parallel zu gehen. Auch wäre zu prüfen, ob das Öffnen von Infloreszenzen, die bei tiefer Temperatur untertags nicht aufgegangen waren, am Abend durch eine Temperatursteigerung leichter zu erzielen wäre, wenn die Infloreszenzen untertags dunkel gehalten worden wären oder wenn sie untertags, sei es helles Freilicht, sei es künstliches Licht, gehabt hätten. Auch das am Morgen im allgemeinen leichtere Eröffnen der Infloreszenzen, ihre allgemein stärkere Reizbarkeit durch Temperaturschwankungen in den Vormittagsstunden, fände so eine Erklärung, weil durch die nächtliche Dunkelperiode die durch das Licht hervorgerufene und abends wirkende Hemmung aufgehoben zu werden scheint. Meine mitgeteilten Versuche, wie weitere nicht zur Besprechung gelangte, enthalten wohl Hinweise im Sinne des eben Erörterten, doch genügen sie nicht für eine sichere Entscheidung und wäre diese durch neue, in der angedeuteten Weise durchzuführende zu erbringen.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wie viele dunkle Punkte in dem Kapitel über die Schlafbewegungen noch vorhanden sind, erhellt sowohl aus der Arbeit Stoppel's als auch aus den jüngst veröffentlichten »Untersuchungen über die periodischen Bewegungen der Laubblätter« von Hans Cremer.[1] Immerhin glaube ich, daß sicherlich die Schlafbewegungen sehr verschiedenartiger Natur sind und daß die ausgesprochen thermonastischen Bewegungen, wie sie bei *Dimorpholheca pluvialis* vorliegen, zu den relativ einfachsten gehören. Allerdings muß man sich auch bei diesen bewußt bleiben, daß auch für sie Pfeffer's[2] Ausspruch gilt: »Schon die einfachste photo- oder thermonastische Bewegung ist eine Kombinationsbewegung, d. h. die Resultante aus verwickelten Prozessen, zu denen die Gesamtheit der Reaktionen und Gegenreaktionen zählt, welche durch die ausgelöste Aktion und die Inanspruchnahme erweckt und reguliert werden.«

Was das Zustandekommen der Schlafbewegungen von *D. pluvialis* betrifft, glaube ich, daß hierbei ein Zusammenwirken autonomer und aitionastisch thermonastischer Bewegungen vorliegt. Ein relativ einfacheres Verhältnis, das dem entsprechen würde, das Sachs seinerzeit für die photonastischen Bewegungen annahm. Er sagt bei Besprechung der periodischen und paratonischen Bewegungen: »Die gewöhnliche tägliche Periode ist die resultierende aus den Wirkungen der eigentlichen inneren periodischen Zustandsänderungen und der paratonischen Lichtreize.«[3] An Stelle der »eigentlichen inneren periodischen Zustandsänderungen« würden wir jetzt die »autonomen Bewegungen« setzen.

Die Existenz autonomer Bewegungen halte ich für *D. pluvialis* als sichergestellt. Sie äußern sich im allgemeinen bei mittleren Temperaturen und besonders ist die Einleitung des Umkehrens der Perioden häufig nur durch sie veranlaßt. Hingegen werden die autonomen Bewegungen durch tiefe Temperaturen gleich wie durch hohe außer Wirksamkeit gesetzt. Tiefe Temperaturen (von 12° und meist bis 14° C.) verhindern jede Öffnungsbewegung, die Infloreszenzen bleiben geschlossen; hohe (ab 28° C.) verhindern die Schlußbewegung und ist bei Konstanz solcher dauerndes Offenbleiben auf Grund des Beobachteten mit weitgehender Wahrscheinlichkeit zu vermuten. Die in diesen Fällen durch Temperaturwechsel jederzeit hervorrufbaren Bewegungen sind rein thermonastische. Vielfach finden die Bewegungen aber auch im Zusammenspiel der autonomen und der thermonastischen statt.

---

[1] Zeitschr. f. Botanik, Bd. XV, 1923.

[2] Pflanzenphysiologie, II, p. 506.

[3] »Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen«, Leizig, 1865, p. 496

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenfassung.

Weder hohe Luftfeuchtigkeit, noch Versenken unter Wasser unterbinden das Öffnen und Schließen der Blütenkörbchen; es ist dabei nur eine entsprechende Regulierung der Temperatur Erfordernis. Ebenso bedingt das Schließen bei Regen nur der damit meist verbundene Temperaturabfall.

Ordentliche Öffnungsbewegungen vollziehen sich erst bei Temperaturen von 17° C. und darüber; die Schlußbewegung kann aber noch bei 9°, selbst 8° C. erfolgen.

Der Einfluß des normalen Wechsels von Licht und Dunkel auf die Bewegungen tritt vollständig zurück gegenüber dem Einfluß, den Temperaturänderungen haben. Dadurch unterscheidet sich *D. pluvialis* von den bisher genauer untersuchten Kompositen, die auf Temperatur- und Lichtreize oder sogar nur auf letztere *(Calendula arvensis)* reagieren. Die Bewegungen sind thermonastische, was folgende Tatsachen erweisen:

1. Das Schließen offener Infloreszenzen kann mittels eisgekühlter Luft im besten Tageslicht erzwungen werden.

2. In konstanter Dunkelheit kann Öffnen und Schließen als Folge von Temperaturänderungen eintreten. Lichtwechel ist für die Folge von Öffnung und Schluß nicht notwendig.

3. Geschlossene Infloreszenzen lassen sich durch Temperaturerhöhung immer zum Öffnen bringen, sei es im Licht oder in Dunkelheit.

4. Selbst das Öffnen von Blütenkörbchen, die sich am späteren Nachmittag geschlossen haben, erzwingt man noch am gleichen Tage (was bei anderen Kompositen nicht gelingen soll), doch ist dazu eine höhere Temperatur, eine stärkere Reizintensität nötig als zum Öffnen von Infloreszenzen, die sich am betreffenden Tage überhaupt nicht geöffnet hatten.

Die Amplitude der Bewegungen ist, abgesehen von der Temperatur, auch einigermaßen vom Alter der Infloreszenzen abhängig, aber auch die Individualität, die konstitutionelle Kraft und das Gedeihen der Pflanze sind nicht ohne Einfluß.

Bei niederen Temperaturen unter 14° C. können die Infloreszenzen tagelang geschlossen bleiben, während sie bei hohen auch nachts offen sind oder nur einen sehr unvollkommenen Schluß erreichen. Es ist wahrscheinlich, daß bei einer konstanten Temperatur von 28° C. und darüber auch ein tagelanges Offensein, sowohl bei Licht als im Dunkeln erreichbar wäre.

Man kann das Geschlossensein bei Tag und Offensein nachts, also Umkehr der Perioden, durch Anwendung entsprechender Temperaturen herbeiführen.

Ebenso scheint ein Stimmungswechsel erzielbar. Das längere Einwirken niederer Temperatur (13, 14° C.) hat, wie aus den Versuchen hervorgeht, solchen Erfolg; ebenso dürfte ihn das andauernde Halten der Pflanze bei höheren Temperaturen bewirken.

Bei konstanter Temperatur mittlerer Höhe (17° C.) und Dunkelheit kommen autonome Öffnungs- und Schließbewegungen zur Äußerung. Bei konstanter Temperatur (17, 18° C.) und konstanter Beleuchtung werden diese autonomen Bewegungen durch hemmenden Lichteinfluß unterdrückt. Stärkerer Temperaturreiz vermag aber die Hemmung stets zu überwinden und eine Öffnungsbewegung zu veranlassen.

Bei den Schlafbewegungen wirken, bei mittleren Temperaturen, neben den aitionastisch thermonastischen, auch die autonomen Bewegungen mit; besonders ist die Einleitung des Umkehrens der Perioden häufig nur durch diese veranlaßt. Tiefe und hohe Temperaturen unterdrücken die autonomen Bewegungen aber vollends, maßgebend für die Bewegungen wird dann nur die Temperatur.

Während auf die Öffnungsbewegung konstante höhere Lichtintensität sicher einen hemmenden Einfluß hat, ist es noch nicht feststehend, ob ein derartiger hemmender Einfluß auch auf die Schließbewegung vorhanden ist.

Zu prüfen bleibt auch noch, ob das, nach nachmittägigem Schluß, nur schwer erzielbare Öffnen nicht auf der hemmenden Wirkung der am Tage der Pflanze zugekommenen Lichtsumme beruht?

Nachtrag gelegentlich der Korrektur.

Da der Ofen im Zimmer für konstante Temperatur wieder hergestellt ist (nicht die elektrische Regulation) und die Blüte bei einzeln in Töpfen aufgezogenen Pflanzen von *D. pluvialis* Ende Juni einsetzte, war es mir möglich, durch den Versuch zu bestätigen, daß bei angemessen hoher Temperatur (sie schwankte von 27·7 bis 32·0° C.) und hoher Luftfeuchtigkeit die Blüten konstant durch Tage flach offen erhalten werden können, gleichgiltig, ob sie im Dunkeln stehen (während der ersten Nacht) oder einer Lichtintensität von annähernd 400 Kerzen (zweite Nacht) ausgesetzt sind (Versuch vom 3. VII. 10^h 30 a. m. bis 5. VII. 3^h 30 p. m.).